DIE NATURWISSENSCHAFTEN

26. Jahrgang | 18. März 1938 | Hett 11

Das Lebenswerk von Lord Rutherford of Nelson.

Von H. GEIGER, Berlin-Charlottenburg.

Lord RUTHERFORDS Leben, seine überragende Persönlichkeit und seine führende Rolle auf dem Gebiete der Atomphysik ist in dieser Zeitschrift bereits von O. HAHN[1] in eindringlichen Worten geschildert worden. Die folgenden Zeilen sollen uns noch tiefer einführen in die Methodik seiner Arbeit und in das gewaltige Ausmaß des von ihm erzielten Fortschritts.

Wenn man RUTHERFORDS Arbeiten zur Hand nimmt, die er in so stetiger Folge durch fast vier Jahrzehnte veröffentlicht hat, so ist man immer wieder beeindruckt durch die Einfachheit seiner Überlegungen und durch die Anschaulichkeit seiner Experimente. Jede seiner Untersuchungen brachte einen erkennbaren Fortschritt, viele davon aber wurden zu Quellpunkten neuer Forschungsgebiete und damit zu unvergänglichen Marksteinen in der Physik. Einen guten Einblick in RUTHERFORDS stetige Arbeit gewinnt man aber auch aus seinen atomphysikalischen Lehrbüchern. Seine „Radioaktivität" erschien 1904 zum erstenmal, aber schon 1905 folgt eine zweite völlig überarbeitete Auflage. Dann erschien 1912 sein Lehrbuch erneut unter dem Titel „Radioactive Substances and their Radiations" als ein Band von 700 Seiten und gibt ein zusammenhängendes Bild vom damaligen Stand der Radioaktivitätsforschung. Das letzte große Werk, bei dem CHADWICK und ELLIS als Mitherausgeber genannt sind, beschränkt sich auf die radioaktiven Strahlungen und ihre Anwendung auf atomphysikalische Probleme, entsprechend der Richtung, in der sich die radioaktive Forschung nach dem Kriege hauptsächlich unter RUTHERFORDS Führung entwickelt hatte. In seinem letzten Lebensjahr hat uns dann RUTHERFORD noch ein kleines Büchlein „The Newer Alchemy" geschenkt, das in einer leicht verständlichen Form über die Atomumwandlungen und die dabei angewandte Experimentiertechnik berichtet.

Der mir verfügbare Platz kann nicht ausreichen, um die Fülle grundlegender Arbeiten, die wir RUTHERFORD verdanken, alle aufzuzählen und zu würdigen. Ich will darum nur auf seine Hauptarbeitslinie näher eingehen, die einsetzt mit der Entdeckung und dem Studium der α-Strahlen und dann über diese Strahlen zur Entdeckung der Atomkerne und der künstlichen Atomumwandlung führt. RURHERFORDS überlegene Kraft in der Durchführung schwieriger Experimentalarbeiten und in der Erfassung neuer Probleme wird uns dabei mit aller Deutlichkeit vor die Augen treten.

In einer Arbeit aus dem Jahre 1899 über die Strahlung des Urans liest man zum erstenmal von α- und β-Strahlen. Es gibt beim Uran, so sagt uns dort RUTHERFORD, zwei Strahlengruppen, von denen sich die eine leicht absorbieren läßt, während die zweite ein hohes Durchdringungsvermögen besitzt. Die leicht absorbierbare Strahlung fesselt sein Interesse; alsbald veröffentlicht er die ersten Absorptionskurven und zeigt die magnetische Ablenkbarkeit dieser Strahlen, aus der die Größenordnung ihrer Emissionsgeschwindigkeit und ihrer spezifischen Ladung erschlossen werden. Um diese Zeit gelingt ihm (gleichzeitig mit J. J. THOMSON) auch eine einwandfreie Ladungsmessung, indem er die weichen Elektronenstrahlen magnetisch beiseite biegt, die immer in Gesellschaft der α-Strahlen auftreten und die durch ihre negative Ladung bei den früheren Versuchen die Wirkung der α-Strahlen verschleiert hatten. 1908 wurden diese Versuche in verfeinerter Form wiederholt und gleichzeitig die Zahl der Strahlen mit Hilfe einer neuen elektrischen Zählmethode bestimmt (mit GEIGER). Aus der Zahl der Strahlen und der Größe der von ihnen insgesamt transportierten Ladung ergaben sich wichtige radioaktive Konstanten, so die Lebensdauer des Radiums, das Volumen der Emanation, das Ionisierungsvermögen der α-Strahlen und — was vielleicht damals am wichtigsten war — das elektrische Elementarquant. Die Theorie der radioaktiven Umwandlungen erhielt durch diese jetzt gut gesicherten Konstanten einen festen Rahmen.

Immer wieder tauchte um diese Zeit die Frage nach der Natur der α-Teilchen auf. Sind es wirklich Heliumatome, die da mit ungeheurer Wucht aus den radioaktiven Atomen herausgeschossen werden, oder handelt es sich vielleicht doch um Strahlen ganz anderer Art? Immer zwingendere Gründe hatte RUTHERFORD für die Heliumnatur der α-Strahlen beigebracht: ihre spezifische Ladung, das Vorkommen von Helium in radioaktiven Mineralien und anderes mehr; aber ein zwingender Beweis stand noch aus. Da erdachte RUTHERFORD jenes berühmte Experiment (1908, mit ROYDS), bei dem Radiumemanation in ein extrem feines und dünnwandiges Glasröhrchen eingeschlossen wurde. Die α-Teilchen aus der Emanation durchsetzten die dünne Glaswand und konnten im Außenraum als Heliumgas spektroskopisch nachgewiesen werden. Besonders hübsch ist eine Variante dieses Versuchs, bei der sich die aus dem Glasröhrchen kommenden α-Strahlen in einem das Röhrchen umgebenden Bleiblech totlaufen, aus dem sie später durch Schmelzen des Bleies wieder freigesetzt werden. Auch bei diesem Versuch bewies das Auftreten der charakteristischen Spektrallinien die Heliumnatur der α-Teilchen. Es folgte

[1] O. HAHN, Naturwiss. **25**, 737 (1937).

alsbald eine quantitative Untersuchung (1911 mit BOLTWOOD) auch darüber, ob die sich in Radiumsalzen bildende Heliummenge wirklich der Zahl der emittierten α-Strahlen entspricht. Die Genauigkeit, mit der der gemessene und der berechnete Wert sich deckte, behob auch den letzten Zweifel, daß wirklich jeder α-Strahl ein Heliumatom ist.

Im Laufe der Jahre wurde immer deutlicher, welche wichtige Rolle die α-Teilchen als materielle Bausteine spielten. Damit wuchs auch das Bedürfnis, die das α-Teilchen charakterisierenden Konstanten, also vornehmlich v und e/m, mit einer dem Fortschritt der Experimentiertechnik entsprechenden Genauigkeit zu bestimmen. RUTHERFORD hat sich dreimal diesem Problem zugewandt, und es ist interessant zu sehen, wie er aus den ersten tastenden Versuchen schließlich eine Methode von höchster Präzision entwickelt hat. Bereits 1903 macht RUTHERFORD seine ersten elektrischen und magnetischen Ablenkungsversuche und kommt schon damals trotz einer extrem schwachen und inhomogenen Strahlenquelle den wahren Werten von v und e/m erstaunlich nahe. 3 Jahre später greift RUTHERFORD dasselbe Problem erneut wieder auf: als Strahlenquelle dient jetzt der aktive Niederschlag von Radium, der homogene Strahlen liefert, und an Stelle der früher benutzten Ionisationsmethode tritt die photographische Platte. Ein gutes Vakuum sorgt gleichzeitig dafür, daß Streuung und Geschwindigkeitsverluste der Strahlen nicht eintreten können. Die Werte besitzen größere Sicherheit, aber RUTHERFORD ist noch nicht befriedigt. Im Jahre 1913 ist er wieder an derselben Arbeit, diesmal gemeinsam mit ROBINSON. An der Methodik hat sich nichts Grundsätzliches geändert, aber die fast 100mal stärkeren Präparate erlauben eine wesentliche Verbesserung der Versuchsgeometrie. Die Ablenkungen sind gegenüber der früheren Arbeit nahezu verzehnfacht und entsprechend ist die Meßgenauigkeit angestiegen. Die Ergebnisse dieser bis in feinste Einzelheiten durchdachten Messungen von 1913 haben bis heute ihre Gültigkeit behalten.

Schon frühzeitig hatte man erkannt, daß es für jeden α-Strahler außer der Zerfallskonstante noch eine weitere charakteristische Größe gibt, nämlich die Emissionsgeschwindigkeit bzw. die Reichweite der emittierten Strahlen. Die Existenz einer bestimmten Reichweite ist zuerst von BRAGG (1904) erkannt und an Radium und seinen Folgeelementen nachgewiesen worden. Auch RUTHERFORD beschäftigt sich bald mit diesen Fragen und führt umfangreiche Messungen durch. 1907 veröffentlicht er eine erste Tabelle über die Reichweiten der 15 damals bekannten α-Strahler und weist bereits auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Reichweite und Lebensdauer hin. Ein weiterer Schritt von erheblicher Tragweite erfolgte im Jahre 1924, als Arbeiten aus dem RUTHERFORDschen Institut es immer deutlicher machten, daß bei den kurzlebigen Substanzen nicht alle α-Strahlen mit genau derselben Geschwindigkeit emittiert werden. So wurden von RUTHERFORD und CHADWICK bei Radium C neben der bekannten und sehr intensiven Gruppe von 7,0 cm Reichweite noch zwei weitere, allerdings sehr schwache Gruppen von 9,3 und 11,2 cm Reichweite festgestellt. Dasselbe Atom konnte also α-Strahlen von stark verschiedener Geschwindigkeit emittieren und mußte somit eine stufenhafte energetische Struktur besitzen. Ein genaues Studium der langreichweitigen Strahlengruppe war darum von erheblichem Interesse. RUTHERFORD erdachte 1930 eine sehr elegante Differentialmethode, die so recht geeignet war, gerade diese langreichweitigen aber sehr schwachen Strahlengruppen aufzuzeigen. Gleichzeitig baute er einen ringförmigen Magneten, in dessen Felde die Strahlen einen Halbkreis von 40 cm Radius durchliefen, wobei sie sich in einzelne scharf abgegrenzte Geschwindigkeitsgruppen aufteilten, wie dies in ähnlicher Weise bei den Arbeiten von ROSENBLUM über die Feinstruktur der α-Strahlen der Fall war. In den Jahren 1930 bis 1933 wurden dann von RUTHERFORD und seinen Mitarbeitern (WYNN-WILLIAMS, LEWIS u. a.) die langreichweitigen Gruppen von Radium C′, Thor C′ und Actinium C′ eingehend vermessen und so auch auf diesem Gebiet ein verläßliches Zahlenmaterial gewonnen. Bei dem am genauesten untersuchten Element Radium C′ wurden 11 Gruppen festgestellt und diese mit den Energieniveaus im Kerne in Verbindung gebracht. Damit war eine Brücke geschlagen von den α-Strahlen zu den γ-Strahlen, die ebenfalls in ihren zahlreichen Linien die Kernstruktur widerspiegeln.

Auch mit diesen Arbeiten ist das Kapitel der α-Strahlen noch nicht erschöpft. Der Durchgang dieser Strahlen durch Materie bot noch eine Fülle von Problemen, die von RUTHERFORD und seinen Schülern in Angriff genommen und größtenteils auch erschöpfend behandelt wurden. Ich erinnere an die Geschwindigkeitsmessungen, die Ionisierungsvorgänge in Gasen, die Richtungsänderungen der Strahlen und anderes mehr. RUTHERFORD selbst griff nach Vorarbeiten seines Schülers HENDERSON insbesondere das Umladungsproblem auf und klärte 1923 in einer einzigen Arbeit alle Einzelheiten so vollständig, daß bislang niemand mehr Neues zu diesem Thema beitragen konnte. „Lebensgeschichte eines α-Teilchens" ist einer seiner Vorträge betitelt, in dem er so anschaulich schildert, wie entgegen den damaligen Vorstellungen ein α-Teilchen auf seiner Bahn durch Luft wohl an die tausend Mal seine Ladung wechselt, indem es immer wieder ein Elektron aufnimmt, es aber nur für eine ganz kurze Wegstrecke mit sich führt. Ja gegen das Ende der Bahn, wo die Geschwindigkeit des α-Teilchens schon merklich kleiner geworden ist, vermag es sogar 2 Elektronen an sich zu binden und durchsetzt so die Luft als ein neutrales Heliumatom.

Durch diese vielseitigen Studien war innerhalb von 2 Jahrzehnten unser Wissen von den α-Strahlen und ihren Eigenschaften bis in feine Einzelheiten

ausgebaut worden. Aber so wertvoll diese Kenntnisse auch waren, sie wurden übertroffen durch die Entdeckung, daß diese Strahlen eine geeignete Energiequelle bildeten, um in das Innere der Atome vorzudringen und dieses zu erforschen. Zwei Wissensgebiete größten Ausmaßes sind dadurch erschlossen worden: das eine umfaßt die innere Struktur der Atome, das andere die Umwandelbarkeit der chemischen Elemente. Auf beiden Gebieten hat RUTHERFORD die Pionierarbeit geleistet und auch die Führung ergriffen.

Verweilen wir kurz bei der ersten Entdeckung. Wenn man α-Strahlen durch eine dünne Metallfolie hindurchgehen läßt, so werden sie dabei kaum merklich aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt. Bei der großen Masse und der hohen Geschwindigkeit dieser Strahlen war dies auch nicht anders zu erwarten. Aber bald entdeckte man eine Merkwürdigkeit. Wenn man nämlich 10 oder 20 tausend Teilchen durch die Folie hindurchgehen läßt, so findet man immer eines darunter, das in der Folie völlig aus seiner Bahn geworfen wurde und seine Richtung um 90° oder mehr geändert hat. In der Tat ein höchst absonderliches Verhalten, wenn man bedenkt, daß die Ablenkung des Teilchens innerhalb der nur $^1/_{1000}$ mm dicken Folie erfolgt sein mußte. RUTHERFORD denkt über die ungeheuren Kräfte nach, die da wirksam sein mußten, und ersinnt zu ihrer Erklärung jenes wunderbare Bild vom Atom mit seinem zentralen Kerne, der alle positive Ladung und alle Masse des Atoms in sich vereint und trotzdem 10000mal kleiner ist als das Atom selbst. Diese winzigen Dimensionen des Atomkerns sind unabweisbar, wenn wirklich die elektrischen Felder im Atom für die so seltenen anormalen Ablenkungen verantwortlich sein sollen. Für den raschen Erfolg der RUTHERFORDschen Gedanken war wohl entscheidend, daß er sie in einfache und experimentell überprüfbare Formeln zu kleiden vermochte. So berechnet er gleich in seiner ersten Arbeit, wievielmal es unter vorgegebenen Bedingungen vorkommen muß, daß ein α-Strahl in einer Folie um 10°, um 20° usw. bis 360° abgelenkt wird. Diese Winkelabhängigkeit der gestreuten Teilchen, die ganz anderer Art war als die schon damals bekannten statistischen Streugesetze, war ein entscheidender Prüfstein für die Kerntheorie des Atoms.

Der Verfasser erinnert sich noch des Tages, an dem RUTHERFORD — offensichtlich erfüllt und überzeugt von seinen neuen Gedanken — ihm erzählte, er wisse nun, wie das Atom im Inneren aussehe und wie man das neue Bild durch Szintillationszählungen überprüfen könne. Die Versuche waren alsbald im Gange; sie waren wegen der starken Variation der Teilchenzahl mit dem Streuwinkel relativ einfach und führten darum auch schon nach wenigen Wochen zu einer ersten Bestätigung. RUTHERFORD, der selbst nie an der Richtigkeit seiner Theorie gezweifelt hatte, sah das Erfreuliche dieser ersten Versuche vor allem darin, daß keine sekundären Effekte die gesuchte Streufunktion überdeckten. Wie wunderbar, hat er so manchmal gesagt, daß ein von der Natur so lange gewahrtes Geheimnis, wie der Atomkern, schließlich doch durch ganz einfache Versuche enthüllt werden kann.

In der Folge wurde die von der Theorie geforderte Abhängigkeit der Teilchenzahl von dem Streuwinkel, von der Ordnungszahl des Streumaterials und von der Geschwindigkeit der Strahlen mit großer Genauigkeit bestätigt (1913, GEIGER und MARSDEN). Das allgemeine Interesse an diesen Problemen wuchs, und die grundlegenden Gedanken RUTHERFORDS wurden in kurzer Zeit weiter ausgebaut, wobei Theorie und Experiment in gleichem Maße mitwirkten. BOHR insbesondere legt auf der Basis des RUTHERFORDschen Atombildes den Grundstein zu einem quantentheoretischen Verständnis der optischen Spektren und erschließt so ein weiteres großes Forschungsgebiet. Auch der Atomkern selbst wird zum Gegenstand eines eingehenden theoretischen und experimentellen Studiums.

Auch bei der Entdeckung der künstlichen Atomumwandlung spielte eine an sich kaum auffällige Erscheinung die entscheidende Rolle. Die α-Strahlen eines kräftigen Präparates durchliefen ein Glasrohr, das mit Stickstoff gefüllt war, und trafen dann auf einen Leuchtschirm auf. Auch wenn man genügend Absorptionsfolien in den Strahlengang einschaltete, so daß keine α-Strahlen den Schirm mehr erreichen konnten, zeigten sich auf ihm merkwürdigerweise noch einzelne Szintillationen. Sie mußten irgendwie mit der Gasfüllung zusammenhängen, da sie verschwanden, wenn der Stickstoff durch Sauerstoff ersetzt wurde. RUTHERFORD zog die entscheidende Folgerung und machte klar, daß schnelle Protonen hier im Spiele waren, die durch die α-Strahlen aus den Stickstoffkernen bei zentralem Aufprall abgespalten werden. Zum erstenmal war damit die Umwandelbarkeit eines Atoms erwiesen worden; denn, wie die nähere Untersuchung zeigte, war der Stickstoffkern durch die Abspaltung des Protons und den gleichzeitigen Einbau des stoßenden Heliumkerns zu einem Sauerstoffkern geworden. Freilich trat eine solche Umwandlung nur sehr selten ein, denn unter einer Million α-Teilchen, die Stickstoff durchsetzen, macht im Mittel nur ein einziges einen wirksamen Zusammenstoß.

In Verbindung mit CHADWICK hat RUTHERFORD in den folgenden Jahren auch bei anderen leichten Atomen Kernumwandlungen unter der Einwirkung von α-Strahlen festgestellt. Weiterhin wurde in RUTHERFORDS Institut durch COCKCROFT und WALTON zum ersten Male gezeigt, daß Atomumwandlungen der verschiedensten Art mit guter Ausbeute auch durch Protonen- und Deuteronenstrahlen durchgeführt werden können. Damit war der Boden gegeben für weitere grundlegende Fortschritte: 1932 entdeckte CHADWICK das Neutron, dessen Eigenschaften RUTHERFORD in seiner Bakerian Lecture von 1920 schon treffend voraus-

gesagt hatte; 1934 erfolgte durch CURIE und JOLIOT die Entdeckung der künstlichen Radioaktivität und im selben Jahre durch FERMI der Nachweis der Umwandelbarkeit der schweren Elemente durch Neutronen. Ein Arbeitsgebiet von unabsehbarem Ausmaß war somit durch RUTHERFORDS erste Entdeckung erschlossen worden. Wie schmerzlich ist es, daß jetzt der Führer fehlt, dem alle so willig und begeistert folgten.

Wenn man sich fragt, wie einem einzelnen Forscher so viele und einzigartige Erfolge beschieden sein konnten, so wird man an erster Stelle RUTHERFORDS seltene Gabe des raschen und zielsicheren Experimentierens zu nennen haben. Mit Hilfe einfachster Versuche fühlt er vor und findet heraus, wo es sich lohnt, Zeit und Kraft voll einzusetzen. Schon seine erste Arbeit von 1899 über die Strahlung des Urans ist ein vorzügliches Beispiel für dieses tastende Experimentieren. Schon damals hatte er sich offensichtlich das Ziel gesetzt, das Rätsel der Radioaktivität zu lösen, aber er weiß noch keinen Weg, dieses Ziel unmittelbar anzugreifen und stößt darum in den verschiedensten Richtungen vor. So entsteht eine außerordentlich inhaltsreiche Arbeit; über eine Fülle neuer Tatsachen wird berichtet und zahlreiche Teilprobleme, die später große Bedeutung erlangten, werden bis zu einer ersten Klärung durchgearbeitet. Aber trotz allem ist RUTHERFORD nicht so recht befriedigt, denn er beginnt die Zusammenfassung seiner Arbeit mit den Worten: The cause and origin of the radiation continously emitted by uranium still remains a mystery. Auch in den folgenden Arbeiten geht es ihm in der Hauptsache um das Wesen der Radioaktivität. Wieder ändert er die Arbeitslinie und legt gemeinsam mit SODDY den Schwerpunkt seiner Untersuchungen in chemische Richtung. Und nun kann er 1902 auch einer Arbeit die Überschrift geben: „Cause and Nature of Radioactivity." Diese Arbeit enthält nun auch wirklich des Rätsels Lösung und wird zum Fundament aller weiteren Forschung auf diesem Gebiet.

Wer, wie der Verfasser, für längere Zeit bei RUTHERFORD gearbeitet hat, weiß, wie so manche tastende Versuchsreihe sich abgespielt hat. Eines Morgens werden in einem Zimmer Apparate zusammengetragen und aufgebaut. Alsbald wird justiert und ausprobiert, und, wenn es irgend geht, folgt noch am selben Tag die erste Meßreihe. RUTHERFORD führt selbst Protokoll und hält alle in Atem, die da mithelfen dürfen. Jede einmal begonnene Meßreihe wird durchgekämpft, auch wenn sie noch so hoffnungslos aussieht. Man kann ja auch aus einem mißglückten Versuch viel Neues lernen. Und bald genug weiß RUTHERFORD, ob ernste Arbeit und ein verfeinerter Aufbau sich lohnt oder nicht.

RUTHERFORD besaß aber auch eine unbegrenzte Zähigkeit, wenn es ihm darauf ankam, eine Unstimmigkeit zu klären oder einer rätselhaften Beobachtung nachzugehen. Diese Ausdauer hat ihm manche große Entdeckung eingebracht. Auch auf die exakte Bestimmung einer ihm wichtigen Konstante konnte er unendlich viel Zeit und Mühe verwenden. Erst wenn er sagen konnte „für 20 Jahre soll sich niemand mehr daran wagen können", war er befriedigt.

Große Gelehrte sind meist wenig mitteilsam und brauchen die Einsamkeit für ihre geistige Arbeit. RUTHERFORD dagegen sprach gerne und oft von seinen eigenen Arbeiten und den Problemen, die ihn gerade beschäftigten. Viele unvergeßliche Stunden hat er so seinen Schülern geschenkt. Als ich in Manchester bei ihm arbeitete, war er noch unbeschwert von allgemeinen Pflichten und lebte ganz seiner Arbeit. Jeden Tag ging er damals durch sein Institut, half uns weiter bei derArbeit und diskutierte mit uns die letzten Meßergebnisse oder neue Versuchsanordnungen. Auch des abends in seinem Hause haben wir jungen Physiker — von Lady RUTHERFORD immer so freundlich aufgenommen — viele anregende Stunden verbracht. RUTHERFORD war da oft von einer Unerschöpflichkeit der Gedanken und konnte für Stunden in spannendster Weise erzählen. Oft waren es Fragen von allgemeinem Interesse, über die er sprach, oft auch diskutierte er zu unserer Freude die letzten Probleme der Physik mit jener Anschaulichkeit und Lebendigkeit, die ein markanter Zug seiner Persönlichkeit war. So kam es auch, daß an seiner Arbeitsstätte immer ein großer Kreis von jungen Physikern aus allen Ländern versammelt war, die nie vergessen werden, was er ihnen gegeben hat.

Chemische Zusammensetzung und innerer Aufbau der Sterne.

Bericht über ein Kolloquium in Göttingen am 8. und 9. Januar 1938.

Seit dem Erscheinen des EDDINGTONschen Standardwerkes über den inneren Aufbau der Sterne sind von verschiedenen Richtungen her, namentlich unter dem Einfluß der Atom- und Kernphysik, verbesserte oder ganz neue Vorstöße auf die Frage nach dem Aufbau und der Zusammensetzung der Sterne unternommen worden. Besonders die letzten Jahre brachten sowohl von empirischer wie von theoretischer Seite her viele neue Gesichtspunkte. Um diese Fragen im Zusammenhang zu diskutieren und die verschiedenen Forschungszweige dabei selbst zu Worte kommen zu lassen, hatte die Universitäts-Sternwarte Göttingen zu einem Kolloquium mit dem Thema „Chemische Zusammensetzung und innerer Aufbau der Sterne" eingeladen.

Die beiden ersten Vortragenden sprachen zum sog. VOGT-RUSSELLschen Satz, der besagt, daß ein Stern durch Vorgabe von Masse $\mathfrak{M}$ und Wasserstoffgehalt X (Massenanteil des Wasserstoffs) eindeutig bestimmt sei. Dieser auf Grund theoretischer Überlegungen abgeleitete Satz wurde 1933 von B. STRÖMGREN an einem Material von 40 Sternen mit bekannter Masse $\mathfrak{M}$, Leuchtkraft L und effektiver Temperatur T_e empirisch bestätigt. Doch können sowohl gegen die theoretische wie die empirische Seite des Problems noch mancherlei Einwände erhoben werden.

Über den theoretischen Geltungsbereich des Satzes sprach L. BIERMANN, Babelsberg. Zunächst werden nur Sternmodelle betrachtet, bei denen der Energietransport allein durch Strahlung erfolgt, Konvektion sei ausgeschlossen. Gesucht wird eine Beziehung zwischen den beobachtbaren Größen L, $\mathfrak{M}$ und T_e bzw. $R \infty L^{1/2}\, T_e^{-2}$. In diese Beziehung gehen noch das mittlere Molekulargewicht μ und der Opazitätskoeffizient $\varkappa$ ein, die außer von Dichte und Temperatur auch von X abhängen. So hat die gesuchte Beziehung – das „Masse-Leuchtkraft-Gesetz" – etwa die Form $L = L\,(\mathfrak{M}, R, X)$. Dabei ist die Verteilung der Energiequellen, deren Ergiebigkeit durch $\varepsilon = E_0 T^m$ gegeben sei, noch offengelassen. Wird E_0, das nur von der chemischen Zusammensetzung abhängt, festgelegt, so reduziert sich die allgemeine Form des Masse-Leuchtkraft-Gesetzes um einen Parameter (etwa T_e) und lautet $L = L\,(\mathfrak{M}, X)$ und $R = R\,(\mathfrak{M}, X)$. Masse und Wasserstoffgehalt sind dann die einzigen Bestimmungsstücke des Sternes (VOGT-RUSSELLscher Satz).

An einem Diagramm, das den Strahlungsdruck p_R als Funktion des Gesamtdruckes P gibt, werden nun die verschiedenen Lösungstypen $p_R(P)$ für Modelle mit Strahlungsgleichgewicht wie auch für konvektive Modelle veranschaulicht. Während die notwendige Forderung, daß mit p_R auch P gegen Null gehen soll, unter den Modellen mit Strahlungsgleichgewicht nur vom EDDINGTONschen Modell erfüllt wird, gibt es unter den Modellen mit Konvektionszonen eine ganze Klasse solcher Lösungen, die dieser Forderung genügen. Der Parameter der Lösungen ist die Ausdehnung der Konvektionszone. Die theoretische Leuchtkraft ist bei Konvektion stets größer als im stabilen Modell. Herrscht beispielsweise im ganzen Stern Konvektion, so liegt die Leuchtkraft um etwa 2^m (bei gleichförmiger Verteilung der Energiequellen) bzw. $0^m{,}5$ (beim Punktquellenmodell) über dem der EDDINGTONschen Lösung entsprechenden Wert. Die Lösungsmannigfaltigkeit wird eingeschränkt durch eine genauere Bestimmung des Verhaltens der Lösungen an der Oberfläche. Z. B. kann hydrostatisches Gleichgewicht mit reinem Strahlungstransport für die Photosphäre gefordert werden, wodurch p_R und P in der Photosphäre festgelegt sind. Da bei der Integration von außen (Randbedingungen $\mathfrak{M}, L, R$) nach innen die Bedingungen $L_r \to 0$ und $\mathfrak{M}_r \to 0$ für $r \to 0$ zu erfüllen sind, ergibt sich wieder, daß ein Gesetz der Art $L = L\,(\mathfrak{M}, X)$ gelten muß, aber nur unter Annahme der Gültigkeit der photosphärischen Bedingung.

Durch die Adiabaten läßt sich bis an die äußere Grenze der Konvektionszone die Weggleichung für den Aufbau eines konvektiven Sternes verfolgen. Bei hydrostatischem Gleichgewicht der Photosphäre erhält man $L \infty \mathfrak{M}^{1.2} \cdot R^{3.4}$. Im Russell-Diagramm sollten rechts der Hauptreihe die vollständig konvektiven Sterne liegen, links die thermisch stabilen. Auf der Hauptreihe ist obige Beziehung empirisch ungefähr erfüllt, dagegen liefert die Theorie für die Riesen viel zu kleine $\mathfrak{M}$. Hier ist vielleicht die Voraussetzung hydrostatischen Gleichgewichts in der Photosphäre nicht erfüllt. Bei Turbulenz mit Überschallgeschwindigkeit ergibt sich kein Widerspruch mehr. Die Konvektion stellt also einen wichtigen Faktor dar, der, solange er nicht explizit bekannt ist, die Berechnung der X besonders bei Riesen (Capella!) systematisch verfälscht und die Gültigkeit des VOGT-RUSSELLschen Satzes einschränkt.

In der Diskussion wird auf die Wichtigkeit einer Turbulenztheorie hingewiesen. Wenn man die Turbulenz *allein* durch Dichte und Temperatur beherrschen könnte, wie es bei μ und $\varkappa$ der Fall ist, dann müßte der VOGT-RUSSELLsche Satz auch noch für konvektive Modelle gelten. Nun kann man die Konvektion im Innern tatsächlich berechnen, wenn die photosphärischen Bedingungen bekannt sind. Hiergegen wird jedoch vorgebracht, daß die Oberflächenbedingungen für das Innere nicht bestimmend sein können. Wenn zu einer gegebenen Masse eine bestimmte Menge Energiequellen vorhanden ist, wird sich der Stern auf einen eindeutigen Radius einstellen. – Zwischen der Gleichung $L \infty \mathfrak{M}^{1.2} \cdot R^{3.4}$ von BIERMANN und der MILNEschen Lösung $L = L\,(\mathfrak{M}, R)$, bei der von innen nach außen integriert wird, besteht eine Parallelität: beide führen bei den Riesen auf zu kleine Massen. Es wird ein Fehler in der Aufstellung der Grenzbedingungen vermutet. Ferner wird darauf aufmerksam gemacht, daß Turbulenz mit Überschallgeschwindigkeit in Sternspektren wirklich nachgewiesen ist.

K. WALTER, Potsdam, behandelte die Abweichungen vom VOGT-RUSSELLschen Satz, die in engen Doppelsternsystemen infolge der Gezeitendeformation der Komponenten auftreten. Als praktisches Maß der Deformation wird die Größe $D = \frac{100\,\varepsilon^3}{K}$ eingeführt, in der ε die Exzentrizität der Äquatorellipse einer Komponente bedeutet und K die Dichteverteilung im Stern charakterisiert, die für alle Sterne als gleich angenommen wird. ε läßt sich bei Bedeckungsveränderlichen direkt beobachten aus der Form der Lichtkurve, für andere Sterne wird aus den Störungen beider Sterne eine Näherungsformel für ε abgeleitet, wobei die Massen, mittleren Dichten, der Abstand und die Größe K als bekannt vorauszusetzen sind. Der Vergleich der bei Bedeckungsveränderlichen beobachteten ε mit den so gerechneten gestattet die einzige Unbekannte K zu bestimmen.

Auf Grund dieser Vorbemerkungen können nun für alle Sterne der STRÖMGRENschen Liste die Deformationen gerechnet werden. Für die 11 ungestörten Sterne ($D < 0{,}3$, $b > 0{,}99\,a$, nur Hauptreihensterne) ergibt sich ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Masse und dem von STRÖMGREN berechneten Wasserstoffgehalt; der Radius als weiteres Bestimmungsstück verschwindet, die Sterne sind durch die Masse allein schon festgelegt. Berechnet man dementsprechend für die gestörten Sterne den Wasserstoffgehalt aus der Masse, dann ergibt sich durch Vergleich mit den STRÖMGRENschen X-Werten für jeden Stern ein scheinbares Wasserstoffdefizit, das sich für nicht zu große D als Funktion von D erweist. Auch im Masse-Leuchtkraft-Diagramm ist der Einfluß der Deformation festzustellen: die gestörten Sterne liegen für $\mathfrak{M} > 2$ über den ungestörten, für ihre Massen haben sie zu große Leuchtkräfte. Der Leuchtkraftüberschuß geht nahezu mit D, für $b = 0{,}97\,a$ beträgt er $0^m{,}75$. Für $\mathfrak{M} < 2$ liegen gestörte und ungestörte Sterne nicht getrennt. Dieser Befund zeigt, daß die Identifizierung der von STRÖMGREN berechneten Größe X mit dem Wasserstoffgehalt für die gestörten Sterne illusorisch ist.

Eine Theorie des Aufbaues deformierter Sterne hat folgende zwei Tatsachen zu erklären: die starke Helligkeitssteigerung schon bei geringer Deformation und die Beschränkung des Effektes auf $\mathfrak{M} > 2$. Die Hauptursachen der Helligkeitssteigerung liegen nach Ansicht des Vortragenden in der durch die Deformation ausgelösten Vergrößerung der konvektiven Zone und in der Verminderung von inneren Rotationsunterschieden durch die Deformation, wodurch der Energietransport erleichtert wird. Das letztere wird nahegelegt durch den an O- bis K-Sternen der Hauptreihe gefundenen

empirischen Zusammenhang zwischen Deformation und Bahnexzentrizität: mit wachsender Deformation wird die Bahnexzentrizität, für deren Ausbildung innere Rotationsunterschiede maßgebend sind, kleiner. Bei starker Deformation zeigen aber die Sterne früher als *F* größere Exzentrizitäten, also größere Rotationsaufspaltung als die späteren Typen. Dies erklärt, warum $\mathfrak{M} = 2$ eine kritische Stelle ist. Auch die mittleren Rotationsgeschwindigkeiten der Sterne (bestimmt aus Linienverbreiterung) zeigen einen ähnlichen Sprung bei mittlerem Spektraltyp.

Die Vorstellungen über die Leuchtkraftsteigerung bei Deformation werden in der Diskussion verdeutlicht durch den Hinweis auf die Bremsung der inneren Rotation einer Komponente durch die andere, was Konvektion, also Erhöhung der Leuchtkraft verursacht.

Im folgenden Vortrag „Elementumwandlung als Quelle der Sternenergie" ging C. F. v. Weizsäcker, Berlin-Dahlem, auf die zwei Punkte ein, in denen die moderne Kernphysik für die Astrophysik von Bedeutung ist: die Energieerzeugung und die Entstehung der schwereren chemischen Elemente. Die Energieerzeugung muß nach unseren heutigen Kenntnissen über die Kerne durch autokatalytische Reaktionszyklen der leichtesten Kerne stattfinden. Schwerere Kerne scheiden wegen ihrer größeren Potentialschwelle, die bei der Reaktion zu überwinden ist, aus. Ein (vermutlich nicht realisiertes) Beispiel für einen solchen Zyklus sind folgende Reaktionen:

$$^4_2\mathrm{He} + {}^1_1\mathrm{H} = {}^5_3\mathrm{Li}; \quad {}^5_3\mathrm{Li} = {}^4_2\mathrm{He} + \mathrm{e}^+; \quad {}^5_2\mathrm{He} + {}^1_1\mathrm{H} = {}^4_2\mathrm{He} + {}^2_1\mathrm{D}$$

und nachfolgender Aufbau des $^2_1$D zu einem neuen $^4_2$He. Durch solche Zyklen entstehen aus α-Teilchen immer wieder α-Teilchen. Die Zahl der leichten Kerne wird vermehrt, schwere Kerne (etwa oberhalb B) können aber nicht geschaffen werden. Die Energieerzeugung pro Massen- und Zeiteinheit hängt exponentiell von der Temperatur und linear von der Dichte ab. Reicht die Temperatur zur Auslösung der Reaktionen noch nicht aus, so wird der Stern sich kontrahieren, bis die erforderliche Dichte und Temperatur im Innern erreicht ist. Das Exponentialgesetz für die Temperatur muß nahezu zu einem Punktquellenmodell, also auch zu Konvektion in der Mittelpunktszone führen.

Die Entstehung der schwereren Elemente kann man sich nun vorstellen als Anlagerung von Neutronen und Protonen an die schon vorhandenen Kerne. Dann müssen gleichzeitig mit dem Reaktionszyklus dauernd Neutronen erzeugt werden, z. B. in der Reaktion $^2_1\mathrm{D} + {}^2_1\mathrm{D} = {}^3_2\mathrm{He} + {}^1_0\mathrm{n}$. Diese Theorie der Elementumwandlung stößt aber auf drei Schwierigkeiten. Erstens kann auf ein entstehendes α-Teilchen höchstens ein Neutron gebildet werden, und alle schwereren Elemente sollten zusammen gewichtsmäßig mindestens viermal seltener sein als Helium. Das scheint der Erfahrung an Sternatmosphären zu widersprechen (s. folgenden Vortrag). Zweitens kann der Höheraufbau über Blei hinaus zu Uran und Thorium nur stattfinden, wenn der Kern pro Minute wenigstens ein Neutron einfängt. Dann muß der Aufbauprozeß in etwa 1 Stunde vollendet sein. Da die Sonne ihren gesamten Wasserstoff erst in $3 \cdot 10^{11}$ Jahren in schwerere Elemente umwandelt, so muß sich der Teil der Sonnenmaterie, der gerade am Aufbau beteiligt ist, zur ganzen Sonne wie 1 Stunde zu $3 \cdot 10^{11}$ Jahren, d. h. wie $1 : 2 \cdot 10^{16}$ verhalten. Das bedeutet ein Punktquellenmodell mit kaum denkbarer Konzentration. Drittens besteht rein empirisch eine deutliche Korrelation zwischen Häufigkeit und energetischer Stabilität, die in diesem Bild unerklärt bleibt.

Die Entstehung der schwereren Elemente soll daher durch eine bessere Theorie, die nicht die Anlagerung von Neutronen postuliert, erklärt werden. Vielleicht bestanden früher Bedingungen, unter denen ein Reaktionsgleichgewicht *aller* Kerne möglich war. Aus den Bindungsenergien und Häufigkeiten der Kerne läßt sich abschätzen, daß bei $3 \cdot 10^9$ Grad für alle Kerne bis Fe Reaktionsgleichgewicht möglich ist. Die Dichte müßte allerdings etwa so groß wie die der weißen Zwerge sein.

Da jeder normale Stern, der noch Wasserstoff enthält, eben wegen der Kernprozesse die Kontraktion bei Erreichung einer hundertmal kleineren Mittelpunktstemperatur abstoppt, scheint man einen heute nicht mehr vorkommenden Zustand der Materie postulieren zu müssen. Vielleicht ist ein „Stern", der eine Masse von der Größenordnung des Milchstraßensystems hat, so träge in der Reaktion auf Energieerzeugung in seinem Innern, daß er die Kontraktion bis zu den erforderlichen Temperaturen fortsetzt und dann unter dem Einfluß der frei werdenden Energie explodiert. Man müßte also die Entstehung der Elemente in den vorstellaren Zustand verlegen und annehmen, daß die stellare Existenz bereits mit der heutigen chemischen Zusammensetzung beginnt. Interessant ist, daß man durch solche Überlegungen wieder zu der Vorstellung einer explodierenden Welt geführt wird, die schon vor mehreren Jahren von Lemaître aus kosmologischen Erwägungen gefordert wurde.

A. Unsöld, Kiel, sprach über die Häufigkeit der Elemente im Innern und in den Atmosphären der Sterne. Diese Häufigkeit muß zur Berechnung des Molekulargewichtes μ und der Opazität $\varkappa$, die in die Masse-Leuchtkraft-Temperaturbeziehung eingehen, bekannt sein. In ionisierter Materie beträgt μ für reinen Wasserstoff 0,5, für reines Helium 1,33, für die übrigen Elemente ungefähr 2. Für $\varkappa$ tragen H und He im Sterninnern wenig bei; ihre kurzwelligsten Absorptionskanten liegen bei 912 Å bzw. 228 Å, während das Maximum der Strahlungsenergie für $T = 3 \cdot 10^7$ Grad bei 1 Å liegt. Die schwereren Elemente verhalten sich bezüglich $\varkappa$ ziemlich gleichartig.

Bei Vernachlässigung eines etwaigen He-Gehaltes kann man unter Vorgabe von L, $\mathfrak{M}$ und T_e das Verhältnis Wasserstoff : übrige Elemente (Metalle M) $= X : (1 - X)$ auf dem von Strömgren eingeschlagenen Weg bestimmen. Man erhält im allgemeinen zwei Lösungen, z. B. für die Sonne $X = 0{,}33$ oder $X = 0{,}995$. Die Theorie der Energieerzeugung von v. Weizsäcker verlangt H : M = 10 : 1. Nach Strömgren erhält man solche Lösungen, indem man in den „99,5 prozentigen" einen Teil des Wasserstoffs durch He ersetzt. Für die Sonne ergibt sich z. B. H : He : M = 58 : 38 : 4.

Eingehendere Information bietet jedoch das Studium der komplizierteren Verhältnisse in den Atmosphären. Der Auswertung des *kontinuierlichen* Absorptionsspektrums ist eine Theorie des Absorptionskoeffizienten $\varkappa$ und seines Mittelwertes $\bar{\varkappa}$ für H, He und die Metalle zugrunde zu legen. Diese Theorie gestattet, die effektive Temperatur T_e und den Intensitätssprung an der Balmergrenze als Funktion der Temperatur für verschiedene X zu berechnen. Der Vergleich mit der Beobachtung liefert X. Die beobachteten Temperaturen werden am besten durch $X = 0{,}33$ wiedergegeben; aus dem Vergleich des Balmersprunges erhält man $X = 0{,}65$ oder $0{,}33$, je nach der Abschirmungszahl, die man in die Berechnung des metallischen Absorptionskoeffizienten einzuführen hat. In den Hyaden (nach Kuiper $X = 0{,}13$) müßte der Balmersprung wesentlich kleiner sein. Beobachtungen darüber fehlen.

Die Häufigkeit der Elemente in den Atmosphären kann ferner aus den Intensitäten der *Fraunhoferlinien* erschlossen werden. Gegenüber der rohen Methode von RUSSELL gibt die Berechnung der Äquivalentbreiten als Funktion der Atomzahlen unter Berücksichtigung von Dopplereffekt, Strahlungs- und Stoßdämpfung genauere Resultate. Messungen dazu liegen von ALLEN vor, leider nur in einem schmalen Bereich des Sonnenspektrums.

Der Heliumgehalt läßt sich besonders leicht bei B-Sternen ($He:H = 1:25$) und aus Sonnenprotuberanzen unter der Annahme, daß H und He vollständig ionisiert sind ($He^+:H^+ = He:H = 1:8$), ableiten. Das wahrscheinlichste Verhältnis der drei Bestandteile ist $H:He:M = 45:5:50$, das mit v. WEIZSÄCKERS Theorie nicht verträglich ist.

Im unmittelbaren Zusammenhang mit dem vorgehenden standen die Ausführungen von H. KIENLE, Göttingen, über das Beobachtungsmaterial zu folgenden, durch die Theorie des kontinuierlichen Sternspektrums angebbaren Größen: 1. die Abhängigkeit des Gradienten Φ der Energiekurve von der Wellenlänge; 2. den Intensitätssprung an den Wasserstoff-Seriengrenzen; 3. das Dekrement der Wasserstoffserien. Zu 1 liegen nur Messungen von BARBIER und CHALONGE vor über den Gradienten vor und hinter der Balmergrenze. Sie stehen im Widerspruch zur Theorie. Die Extinktion im UV zwingt zur Skepsis gegenüber den Beobachtungen. Einwandfreie Absolutmessungen über den Intensitätssprung an der Balmergrenze sind von BARBIER und CHALONGE und KIENLE gemacht worden. Sie fordern großen Wasserstoffgehalt. Das Maximum des Sprungs liegt bei A2-Sternen mit $1^m{,}25$. Der Gang des Sprungs mit abnehmender Temperatur und seine Abhängigkeit von der absoluten Leuchtkraft (Unterschied zwischen normalen und c-Sternen) sind noch nicht eindeutig festgelegt. α Cyg (cA2) ist ein Beispiel für kleinen Intensitätssprung; vielleicht darf man ihn durch eine über die Absorption gelagerte Emission erklären, die sich auch in H_α kundgibt. Weiße Zwerge haben kein nachweisbares Wasserstoffkontinuum (ÖHMANN). Über den Sprung an der Paschengrenze liegen nur qualitative Angaben von ÖHMANN vor. Das Dekrement der Balmerglieder ist von mehreren Seiten bestimmt worden, doch sind die Messungen infolge ungenügender instrumenteller Auflösung recht unsicher. Qualitativ besteht Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung.

Im weiteren macht der Vortragende aufmerksam auf Einzelheiten im Aussehen der Sternspektren. Es ist stets nur eine begrenzte, von der Leuchtkraft abhängige Zahl ausgebildeter Balmerlinien zu sehen, die höheren Glieder fließen zusammen, wobei die instrumentellen Bedingungen sehr wesentlich sind. Dasselbe gilt für die maximalen Linientiefen im Verhältnis zur Stärke des Balmerkontinuums. Die manchmal gegebene Regel, die Linienspitzen setzten das Kontinuum fort, ist nicht allgemein gültig.

In der Diskussion wird die Frage behandelt, ob die große Streuung des Balmersprunges von Stern zu Stern durch die Vernachlässigung eines weiteren, nicht bekannten Parameters zu deuten sei. Vorläufig hindert nichts, die Streuung als reale Streuung des Wasserstoffgehaltes aufzufassen. Weiter wird die Frage der Verschmierung der höheren Balmerglieder erörtert, die nicht — wie früher gelegentlich behauptet wurde — darauf zurückgeführt werden kann, daß die höheren Quantenzustände nicht mehr ausgebildet seien.

Die Vortragsreihe wurde abgeschlossen mit einem Bericht von K. O. KIEPENHEUER, Göttingen, über unsere Kenntnis der Sonnenstrahlung im Lymangebiet. Auf Grund folgender Beobachtungen ist man gezwungen, anzunehmen, daß die Intensität der Sonnenstrahlung im extremen UV — insbesondere im Lymangebiet — die Intensität der Strahlung eines schwarzen Körpers von 6500 Grad mindestens um einen Faktor von der Größenordnung 10^6 übertrifft:

1. Anregungsbedingungen in der Sonnenatmosphäre. Der Prozentsatz angeregter Atome (besonders Wasserstoff im 2. Quantenzustand, Intensität der Balmerserie!) ist viel größer, als man nach einem Boltzmannfaktor für 6500 Grad erwarten sollte. Das Ionisationsgleichgewicht zeigt ähnliche Abweichungen. Eine numerische Abschätzung des hierzu notwendigen Strahlungsüberschusses im UV kann noch nicht gegeben werden.

2. Ionosphäre der Erde. a) Nach SAHA vermag die Sonne als schwarzer Strahler von 6500 Grad in einer Säule von 1 cm^2 Querschnitt in der F_2-Schicht (äußerste Schicht) pro Sekunde 10^4 Ionen zu bilden, während nach CHAPMAN zur Aufrechterhaltung der aus der Reflexion elektrischer Wellen abgeleiteten Ionendichte 10^{10} Ionen/($cm^3 \cdot$ sec) gebildet werden müssen. In dem für die Ionisierung verantwortlichen kurzwelligen Gebiet ist also eine 10^6-fache Intensität zu fordern. Diese Strahlung scheint gleichmäßig von der ganzen Sonnenoberfläche emittiert zu werden.

b) Kurzzeitige Störungen der Ionosphäre. Diese treten in fast allen Fällen gleichzeitig mit hellen Wasserstofferuptionen auf der Sonne auf. Aus den Ionisierungsstörungen kann man mit Sicherheit schließen, daß die in Form von extremer UV-Strahlung pro Sekunde von der Eruption abgegebene Energie mindestens von gleicher Größenordnung ist wie die von der *ganzen* Sonnenoberfläche im gleichen Spektralgebiet emittierte Energie. Dazu ist zu bemerken, daß die strahlende Fläche der Eruptionen meist weniger als $^1/_{1000}$ der Sonnenoberfläche beträgt.

3. Protuberanzen. Denkt man sich die sog. *ruhenden* Protuberanzen (ähnliches gilt auch für Chromosphäre und Korona) durch Strahlungsdruck getragen, so kommt man im UV auf die gleichen Strahlungsintensitäten, wie man sie aus der permanenten Ionosphäre folgert. Nimmt man ferner an, daß die *eruptiven* Protuberanzen durch die von Wasserstofferuptionen ausgehende Strahlung emporgetrieben werden, so erhält man die gleichen Strahlungsintensitäten wie aus den ionosphärischen Störungen.

4. Kometenschweife. Das Auftreten und die Häufigkeit der CO^+- und N_2^+-Ionen in den Kometenschweifen erfordert für Wellenlängen kleiner als ~ 1000 Å einen beträchtlichen Strahlungsüberschuß.

Für die außerordentlich intensiven ultravioletten Lichtausbrüche der Wasserstofferuptionen, die keinesfalls rein thermischen Ursprungs sein können, wird folgende Deutung vorgeschlagen: Eine Bewegung turbulenter Gasmassen innerhalb oder außerhalb eines Sonnenfleckes wird am Rand desselben durch dessen inhomogenes Magnetfeld abgebremst. Die Turbulenzenergie wird dabei teils zur Bildung eines Systems von Wirbelströmen, teils zur Kompression verwandt. Beide Prozesse führen zu Erwärmung und erhöhter Ausstrahlung der Gasmassen. Unter Annahme einer vernünftigen Feldverteilung und der beobachteten Turbulenzgeschwindigkeit kommt man numerisch zu den beobachteten Ausstrahlungen.

In einer Schlußbemerkung macht der Vortragende darauf aufmerksam, daß es möglich sein sollte, in Höhen von 20—30 km über der Erdoberfläche die

intensive Sonnenstrahlung in der Umgebung von L_α aufzufinden, da N_2 und O_2 gerade in diesem Wellenlängenbereich wenig absorbieren.

Für genauere Information über den behandelten Problemkreis sei auf folgende Literatur verwiesen, wo sich zum Teil auch ausführliche Literaturverzeichnisse finden: L. BIERMANN, Astr. Nachr. **264**, 361 (1938). — H. KIENLE, Erg. ex. Naturw. **16**, 437 (1937). — K. O. KIEPENHEUER, Z. Astrophys. **15**, 53 (1938). — M. N. SAHA, Proc. roy. Soc. Lond. (A) **160**, 155 (1937). — B. STRÖMGREN, Z. Astrophys. **7**, 222 (1933) — Erg. ex. Naturw. **16**, 465 (1937). — A. UNSÖLD, Sternatmosphären. Berlin 1938. — K. WALTER, Veröff. Univ.-Sternw. Königsberg **2** (1931). — Z. Astrophys. (im Druck). — C. F. v. WEIZSÄCKER, Physik. Z. **38**, 176 (1937). — K. WURM, Z. Astrophys. (im Druck). H. HAFFNER.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Aktivator der Alanin-Dehydrase.

Wie ich vor etwa 2 Jahren mitteilte[1], ist die enzymatische Dehydrierung des Prolins an die Mitwirkung eines Aktivators geknüpft, welchen ich sowohl in Schweinsniere als in Oberhefe[2] nachweisen und durch Adsorption und Fällung mit Schwermetallsalzen reinigen konnte. Dieser durch Cellophan dialysierbare Aktivator ist nicht identisch mit bekannten Co-Enzymen oder Aktivatoren.

Bei der Verfolgung dieses Befundes stellte ich fest[3], daß auch die enzymatische Oxydation des dl-Alanins durch einen thermolabilen Stoff, der in Nieren und in Oberhefe enthalten ist, aktiviert wird. Vom Enzym wurde der Aktivator befreit durch Erhitzen der Oberhefe bei 85° und nachfolgendes Zentrifugieren bzw. durch Erhitzen des Nierenpräparates auf 80° bei $p_H = 8{,}0$. Die folgenden Versuche (Tabelle 1) sind meiner Dissertation, Szeged, Mai 1937, S. 27, entnommen. Der Versuch mit Nieren-Enzym bezieht sich auf ein nach KREBS[4] dargestelltes Präparat, welches nicht weiter gereinigt war. Die Aktivierung durch den zugefügten Aktivator war hier nicht so groß wie in den Versuchen mit Prolin[1, 2], welche mit gereinigtem Enzym ausgeführt worden waren, da die Enzymlösung vermutlich Co-Enzym enthielt. Die Darstellung einer Aktivator-(Co-Enzym-)freien Alanin-Dehydrase macht Schwierigkeiten, da das Enzym sehr labil ist und im Verlauf einer längeren Dialyse auch in der Kälte teilweise zerstört wird.

Tabelle 1. Dehydrierung von dl-Alanin. Sauerstoffaufnahme. Jeder Ansatz enthält 2,0 ccm $^m/_{15}$-Phosphatpuffer $p_H = 7{,}8$. Aktivator aus Niere.

Enzym	Aktivator	m dl-Alanin	cmm O_2 nach	
ccm	ccm	ccm	30 Min.	60 Min.
	aus Niere			
1,0	—	0,1	57,6	120,9
1,0	0,5	0,1	81,2	154,8
1,0	0,5	—	0	0
—	0,5	0,1	0	0
	aus Hefe			
1,0	—	0,1	39,6	72,3
1,0	0,5	0,1	45,0	109,0
1,0	0,5	—	0	0
—	0,5	0,1	0	0

Die Aktivierung war hier kleiner als bei dl-Prolin, trat aber an allen Darstellungen des Alanin-Enzyms regelmäßig auf. Meine Beobachtungen über einen bei der Dehydrierung der genannten Aminosäuren wirksamen Aktivator wurden im Institut von Prof. A. v. SZENT-GYÖRGYI gemacht und sind in meiner Dissertation mitgeteilt; ihre weitere Verfolgung wurde durch meinen Umzug nach Stockholm verschoben. Der vorliegende Hinweis auf diese Beobachtungen, die an anderer Stelle ausführlicher beschrieben werden, ist veranlaßt durch die eben erschienene Veröffentlichung von WARBURG und CHRISTIAN über ein Co-Enzym der Alanindesaminase[5].

Stockholm, Biochemisches Institut der Universität, den 25. Februar 1938. N. B. DAS.

[1] N. B. DAS, Biochemic. J. **30**, 1080 (1936).
[2] N. B. DAS, Biochemic. J. **30**, 1617 (1936).
[3] N. B. DAS, Metabolism of aminoacids. Dissertation, Szeged, Mai 1937.
[4] H. A. KREBS, Biochemic. J. **29**, 1620 (1935).
[5] WARBURG u. CHRISTIAN, Biochem. Z. **295**, 261 (1938).

Viskosität und Teilchenform.

Für ellipsoidförmige Teilchen in Suspensionen wurden die vereinfachten hydrodynamischen Bewegungsgleichungen unter Vernachlässigung der Trägheitskräfte von JEFFERY[1] gelöst. Bei Rotationsellipsoiden und genügend kleinen Konzentrationen läßt sich dann die spezifische Viskosität darstellen als $\eta_{sp} = \nu \cdot c$, wo ν eine Funktion des Achsenverhältnisses $f = a/b$ ist ($2a$ = Symmetrieachse, $2b$ = Querachse). Diese Funktion hängt aber wesentlich von den Anfangslagen der suspendierten Teilchen ab, welche durch die Bewegungsgleichungen nicht bestimmt sind. JEFFERY hilft sich durch ein Extremalprinzip. Die Teilchen sollen sich in die Lage der minimalen bzw. der maximalen dissipierten Energie einstellen, was zu einem ν_{max} bzw. ν_{min} führt. EISENSCHITZ[2] nimmt an, die Hauptachsenrichtungen der Teilchen sollen zeitlich periodisch eine gleichmäßige Verteilung im Raume aufweisen.

Nun ergibt sich allein die stationäre Verteilung der Teilchenachsen als stabil gegenüber den Störungen durch die BROWNsche Bewegung, die stets vorhanden ist. Diese Verteilung verlangt aber zu ihrer Ausbildung bei größer werdenden Teilchen eine immer längere Einstellzeit. Die Stationaritätsbedingung ist dabei folgendermaßen anzusetzen: Die Verteilung der Teilchenachsen auf die verschiedenen Richtungen im Raum ist zeitlich konstant, und beim Übergang zu kugelförmigen Teilchen werden alle Orientierungen gleich wahrscheinlich. Auf diesem Wege ergibt sich eindeutig die Verteilungsfunktion F, welche die Zahl der Teilchen im Winkelelement $\sin\vartheta \cdot d\vartheta \cdot d\varphi$ angibt. Auf ein Teilchen normiert lautet sie:

$$F = \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{4\pi \cdot (1+\beta\cos 2\varphi\,\sin^2\vartheta)^{3/2}}, \qquad \beta = \frac{a^2-b^2}{a^2+b^2}.$$

Die Lage des Teilchens ist dabei bestimmt durch die Polarwinkel ϑ und φ, deren Bedeutung aus der Fig. 1 zu ersehen ist: ϑ ist der Winkel zwischen der Symmetrieachse des Teilchens und der Normalen zur Strömungsebene, φ der Winkel zwischen der Richtung des Geschwindigkeitsgradienten und der Projektion der Teilchenachse auf die Strömungsebene. Die auf Grund dieser Verteilung berechneten Werte von ν streben bei abgeplatteten Teilchen ($a < b$) bei fallendem f einem Grenzwert zu, der noch unterhalb 3 liegt, bei verlängerten Ellipsoiden ($a > b$) steigen sie aber angenähert lienar mit dem Achsenverhältnis an (Fig. 2). Dabei

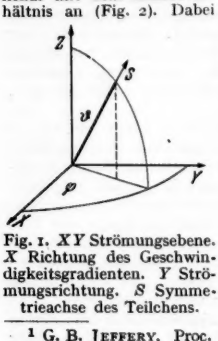

Fig. 1. XY Strömungsebene. X Richtung des Geschwindigkeitsgradienten. Y Strömungsrichtung. S Symmetrieachse des Teilchens.

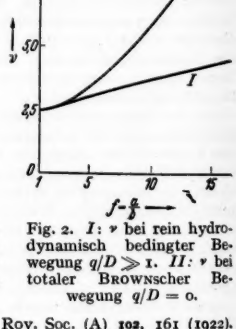

Fig. 2. I: ν bei rein hydrodynamisch bedingter Bewegung $q/D \gg 1$. II: ν bei totaler BROWNscher Bewegung $q/D = 0$.

[1] G. B. JEFFERY, Proc. Roy. Soc. (A) **102**, 161 (1922).
[2] R. EISENSCHITZ, Z. physik. Chem. (A) **158**, 78 (1932).

liegen die Werte von ν immer zwischen den JEFFERYschen ν_{min} und ν_{max}, wie dies auch sein muß.

Eine unmittelbare Bestätigung dieser Ergebnisse ist im Modellversuche möglich, wenn die Teilchen so klein gewählt werden, daß die Trägheitskräfte und die Einstellzeit der stationären Verteilung sicher zu vernachlässigen sind, aber doch so groß, daß die BROWNsche Bewegung noch nicht explizite in der Stationaritätsbedingung berücksichtigt zu werden braucht. Aus diesen beiden Forderungen ergeben sich Teilchendimensionen von ungefähr 10^{-4} cm.[1]

Bei molekularen und kolloidalen Lösungen spielt die BROWNsche Bewegung, die durch die Rotationsdiffusionskonstante charakterisiert ist, eine ausschlaggebende Rolle. Die Stationaritätsbedingung führt auch da zu einer eindeutigen Verteilungsfunktion, die sich zwar nicht geschlossen darstellen läßt, die man aber nach Potenzen von $\alpha = q/D$ (q = Geschwindigkeitsgefälle, D = Rotationsdiffusionskonstante) entwickeln kann. Die Verteilungsfunktion gibt nun an, wie lange sich im Mittel das Teilchen auf Bahnabschnitten bewegt, die zu einer bestimmten Raumrichtung gehören, und mit welchem Gewicht der Beitrag dieser Lage zur dissipierten Energie zu versehen ist.

Für den Fall totaler BROWNscher Bewegung, der bei den molekularen Lösungen immer verwirklicht ist, wurden die Rechnungen schon von EISENSCHITZ[2] für längliche Teilchen ausgeführt. Das berechnete ν zeigt ungefähr ein quadratisches Ansteigen mit dem Achsenverhältnis (Fig. 2). Daß es höher liegt als das oben erwähnte ν_{max}, ist auf die Gleichverteilung der Teilchenachsen auf alle Raumrichtungen zurückzuführen, die durch die BROWNsche Bewegung bewirkt ist. Im Mittel verweilen also die Teilchen wesentlich länger in den einen großen Beitrag zum ν-liefernden Lagen quer zur Strömungsrichtung als im Falle rein hydrodynamisch bedingter Bewegung.

Im Übergangsgebiet zwischen den beiden besprochenen Grenzfällen, das man bei den Kolloiden verwirklicht finden dürfte, ergibt sich mit einsetzender Ausrichtung der Teilchen durch die Strömung eine Abhängigkeit des Koeffizienten ν vom Parameter α, und zwar ein Absinken mit wachsendem Geschwindigkeitsgefälle, also Strukturviskosität, das heißt: bei ein und derselben Lösung wird die Viskosität desto kleiner, je größer das Strömungsgefälle bzw. die Schubspannung wird. Prinzipiell müssen alle Lösungen und Suspensionen von nichtkugelförmigen Teilchen eine Strukturviskosität zeigen. Praktisch ist sie jedoch bei molekularen Lösungen (großes D) wegen des dann erforderlichen hohen Strömungsgefälles experimentell nicht mehr zu erreichen. Dagegen tritt die durch die Strömung hervorgerufene Ausrichtung der Teilchen als eine mit q proportionale Strömungsdoppelbrechung in Erscheinung. Um Anschluß an die bei Lösungen hochmolekularer Stoffe beobachtete, sehr beträchtliche Strukturviskosität zu gewinnen, muß man die dort gemessenen Werte auf unendliche Verdünnung extrapolieren, denn nur dieser Fall wird von der obigen hydrodynamischen Theorie erfaßt. Bei steigender Konzentration überwiegt immer mehr die wechselseitige Beeinflussung der Teilchen, die in unseren Ansätzen ganz vernachlässigt wurde. Das ergibt sich schon daraus, daß die gewöhnlich als Strukturviskosität bezeichnete Erscheinung eine mit der Konzentration stark ansteigende Änderung der Viskosität zeigt.

Dadurch wäre für den Fall trägheitsloser Bewegung die Frage der Berechnung der spezifischen Viskosität von verdünnten Suspensionen starrer, ellipsoidischer, rotationssymmetrischer Teilchen vollständig gelöst, und zwar für Teilchen, deren Abmessungen einerseits unterhalb 10^{-4} cm liegen und die andererseits groß gegenüber den Molekülen des Lösungsmittels sind. Die Ausdehnung der Theorie auf größere und kleinere Teilchen bedarf noch einer zusätzlichen Prüfung. Bei der Anwendung auf die Bestimmung der Form von Hochpolymeren und Kolloiden ist natürlich vor allem auch darauf zu achten, ob die Voraussetzung der Starrheit der Teilchen wirklich erfüllt ist.

Für die Anregung zu dieser Arbeit und sein förderndes Interesse danke ich Herrn Prof. Dr. H. A. STUART und für viele anregende Diskussionen Herrn Doz. Dr. M. KOHLER auch an dieser Stelle auf das herzlichste. Außerdem gilt mein Dank der Deutschland-Stiftung, die mir durch ein Stipendium die Ausführung dieser Arbeit ermöglichte.

Die ausführliche Arbeit erscheint demnächst an anderer Stelle.

Berlin, I. Physikalisches Institut der Universität, den 8. März 1938. ANTON PETERLIN.

[1] Bei den Modellversuchen von EIRICH, MARGARETHA und BUNZL, Kolloid-Z. 75, 20 (1936), sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt. Doch werden die gefundenen Abweichungen noch viel mehr auf die nichtellipsoidische Form (scharfe Kanten) und Nichtstarrheit der verwendeten Teilchen zurückzuführen sein.

[2] R. EISENSCHITZ, Z. physik. Chem. (A) 163, 133 (1933).

Besprechungen.

SANTIAGO RAMON Y CAJAL, **Recollections of my Life.** Translated by E. HORNE CRAIGE. (Memoirs of the American Philosophical Society.) London: Oxford University Press 1937. Vol. VIII, Part I: XI, 272 S. und 23 Abbild; Part II: 364 S. und 57 Abbild. 14 cm × 24 cm. Preis 22 Sh.

Diese Erinnerungen des berühmten spanischen Histologen und Neurologen stellen ein eigenartiges und lesenswertes Buch dar, das in bewußt subjektiver Weise den eigenen Entwicklungsgang vom Sohn eines hochstrebenden Dorfwundarztes zum berühmtesten Repräsentanten seines Faches schildert und dabei gleichzeitig „einen Fall individueller Psychologie und eine begründete Kritik unseres Erziehungssystems" geben will.

Schon die ersten Seiten werden uns, die wir in besonderem Maße das Verständnis für die schicksalhafte Bedeutung der Abstammung und Heimatverbundenheit pflegen, fesseln. So empfinden wir den Stolz, mit dem der Weltberühmte von seinem Vater als dem „reinblütigen Aragonesen" und seiner Mutter als der „schönen und starken Frau des Hochlandes", von den Dörfern und Bergen seiner Kindheit als dem kärglichen, strengen und nüchternen Land ohne Wälder und Schatten spricht. Lange verweilt der Verf. bei der Erinnerung an die falschen Erziehungsmethoden, denen er während seiner Schulzeit ausgesetzt war, bei seinen Ambitionen als Athlet und seinen besonderen Neigungen für Dinge außerhalb seines Faches. Der erste Band schließt mit den Erlebnissen als Militärarzt und der Rückkehr an die Universität. Der zweite, etwas umfangreichere Teil behandelt die wissenschaftliche Laufbahn, beginnend mit einigen unbeachtet gebliebenen, spanisch geschriebenen, histologischen Abhandlungen, in denen die spätere Richtung schon vorgezeichnet erscheint. Vorübergehend veranlaßt eine Choleraepidemie in Valencia eine Umstellung auf bakteriologische Arbeiten, und nur der größeren Kostspieligkeit bakteriologischer Forschung ist es zu verdanken, daß sich CAJAL der in dieser Beziehung anspruchsloseren Histologie wieder zuwandte. Das Jahr 1888 brachte dem Neurohistologen endlich den ersehnten, großen Erfolg: es konnten Neuronen bis in ihre feinsten Nervenendigungen verfolgt werden, und damit fiel die bis dahin vor allem von GERLACH und GOLGI verfochtene Anschauung von dem diffusen Netzwerk der Nervenendigungen. Nach dieser Entdeckung ergriff den Autor, wie er selbst sagt, geradezu ein Fieber zum Publizieren. Er gründete eine eigene spanische Zeitschrift, die seine Gedanken in einer raschen Folge von Abhandlungen verbreiten soll, und als alles das die fest eingefahrene Meinung der „Reticularisten" nicht erschüttern kann und das Echo dem Autor nicht gebührend erscheint, fährt er zum Deutschen Anatomentag nach Berlin und besiegt dort die Skepsis eines KÖLLIKER, HIS, SCHWALBE, RETZIUS und WALDEYER. Damit ist der Bann gebrochen, und die nächsten Jahre bringen eine Folge von Auszeichnungen, als Höhepunkt 1905 die goldene Helmholtz-Medaille und 1906 den

Nobelpreis. Ein 288 Nummern umfassendes Verzeichnis der eigenen Arbeiten (darunter 22 Bücher) und eine Liste der Ehrungen und Auszeichnungen, die dem Neurohistologen in so überreichem Maße aus dem In- und Auslande zuteil wurde, beschließt den zweiten Teil.

Insgesamt wirken diese Lebenserinnerungen vielleicht etwas zwiespältig, was der Verf. selbst empfindet: der neurohistologisch Interessierte wird eine sehr persönlich gefärbte Geschichte und eingehende Behandlung der Neuronenlehre von 1888 bis etwa 1930 mit zahlreichen Abbildungen aus den Originalwerken des Verf. und mit Photographien der berühmtesten Fachvertreter begrüßen, während die manchmal recht breite Darstellung der besonderen Erfahrungen des Verf. an spanischen Hochschulen sowie seine Anschauungen über die nationalen Belange von einem anders eingestellten Leserkreis hervorgehoben werden mag. In dem Kapitel der Auseinandersetzung mit HELD und APATHY vermißt man sogar etwas den Abstand, den man vielleicht in den Lebenserinnerungen eines berühmten Mannes erwarten könnte. Es hat noch gar zu sehr den Charakter einer späten Polemik.

Der Übersetzer hat sich absichtlich getreu an den Originaltext der 3. spanischen Ausgabe gehalten, um die persönliche Färbung des Stils zu wahren. Doch wurden im zweiten Teil die Zusammenfassungen der wissenschaftlichen Werke ebenso wie die Abbildungen stärker gekürzt, wodurch das Buch nur gewinnen konnte. Leider mußten die Abbildungen aus der spanischen Ausgabe übernommen werden, da die Originalvorlagen beschädigt waren. Dadurch waren Mängel der Reproduktion natürlich nicht zu vermeiden. E. RIES, Leipzig.

BRAUN-BLANQUET, J., und E. RÜBEL, **Flora von Graubünden.** Vierte Lieferung. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. 7. Heft. Bern u. Berlin: Hans Huber 1936. S. 1205—1695. 15 cm × 22 cm. Preis des Gesamtwerkes RM 54.—.

In verhältnismäßig kurzer Zeit ist diese wichtige und vor allem hinsichtlich der ökologisch-soziologischen Charakterisierung der einzelnen Pflanzenarten vorbildliche Spezialflora zum Abschluß gelangt. Indem wir bezüglich der Anlage des Werkes auf die ausführlichere Besprechung der ersten Lieferung verweisen (s. diese Z. **1933**, 631) beschränken wir uns hier auf die kurze Angabe, daß die vorliegende umfangreiche Schlußlieferung mit den Scrophulariaceen (Braunwurzgewächsen) beginnt, denen eine Anzahl kleinerer Familien, darunter die für die Alpenflora wichtigen Campanulaceen, folgen, um dann mit den die Seiten 1357—1636 einnehmenden Compositen (Korbblütlern) abzuschließen. Ein ausführliches, sorgfältig gearbeitetes Register der lateinischen Pflanzennamen ist zum Schluß beigefügt. W. WANGERIN, Danzig-Langfuhr.

KUHN, OSKAR, **Die fossilen Reptilien.** Berlin: Gebrüder Borntträger 1937. VIII, 121 S. und 92 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis geh. RM 8.80.

Das Buch von KUHN ist eine gedrängte Zusammenstellung der osteologischen Definitionen und Diagnosen aller fossilen Reptilordnungen, -unterordnungen und -familien. Unsere wichtigen deutschen Lehrbücher der Paläontologie sind bekanntlich fast alle vor 15 bis 20 Jahren erschienen; sie sind daher leider in vieler Beziehung veraltet. Nach dem Kriege sind sehr viele neue und wichtige Ergebnisse in der Erforschung der fossilen Reptilien erzielt worden. Diese Ergebnisse werden nun von KUHN auf Grund sehr umfangreicher Literaturstudien in dem eingangs gekennzeichneten Sinn ausgewertet. Trotzdem macht KUHNS Buch die alten Lehrbücher nicht überflüssig, sondern setzt sogar ihre Kenntnis und Benutzung voraus, da es auf die zum Verständnis des Stoffes grundlegende Darstellung der Osteologie, Paläobiologie und Biohistorie bewußt verzichtet. Paläobiologische Bemerkungen werden nur ganz gelegentlich eingestreut; die phylogenetischen Beziehungen werden knapp erwähnt und durch Tabellen erläutert, die die fortgeschrittenen Zustände den ursprünglichen gegenüberstellen. Der Inhalt des Buches ist wesentlich begrenzter, als man nach seinem Titel annehmen könnte; erst das Vorwort gibt die Zielsetzung und die wissenschaftlichen Grundlagen des Autors bekannt. Bei der Art der Auswahl und der Behandlung des an sich recht trockenen Stoffes dürfte dem Anfänger die Lektüre nicht gerade leicht fallen. Für den Forscher und Lehrer wird das Buch ein nützliches Nachschlagewerk sein, das eine oft unangenehm empfundene Lücke schließt. W. GROSS, Berlin.

BRAGG, W. L., **Atomic structure of minerals.** (The George Fisher Baker non-resident lectureship in chemistry at Cornell University 1934.) Ithaka-New York: Cornell University Press; London: Humphrey Milford Oxford University Press 1937. XIII, 292 S. und 144 Abbild. 15 cm × 23 cm. Preis geb. 18 Sh.

(Die Vorlesungen selbst behandelten den kristallinen Zustand. Da vor kurzem aus der Feder des Verf. der erste Band des Werkes „The crystalline state" erschienen ist, hätte eine Wiedergabe der Vorlesungsreihe nur eine unnötige Wiederholung bedeutet; daher hat sich Verf. gegen die sonstige Gepflogenheit entschlossen, anstatt die Vorlesungen selbst zu veröffentlichen, ein Buch über den Aufbau der Mineralien herauszugeben, welches in den meisten Belangen etwa bis auf den Stand Ende 1936 ergänzt wurde.)

An Mineralkristallen wurden die Grundgesetze der Kristallographie und Kristallphysik entwickelt; auf Untersuchungen an natürlichen Kristallen vorzüglich baute sich nach Entdeckung der Polymorphie- und Isomorphieerscheinungen durch E. MITSCHERLICH im vergangenen Jahrhundert die kristallchemische Forschung auf, soweit dies ohne Einblick in die Einzelheiten des Kristallbaues möglich war; und wiederum waren es in weitem Umfang Kristalle, welche die Natur zur Verfügung stellte, an denen im Gefolge der Entdeckung von LAUES (1912) die Kristallstrukturforschung unter führender Mitwirkung des Verf. ihr Rüstzeug schärfte, um mit ihren Erfolgen die Kristallchemie auf ein auf unmittelbarer Einsicht ruhendes Fundament zu stellen. So nimmt es nicht wunder, wenn in den im Anschluß an die Z. Krystallogr. von der Akademischen Verlagsgesellschaft in Leipzig herausgegebenen Strukturberichten die natürlichen Kristalle einen weiten Raum einnehmen; und doch heben sich dort aus der Fülle des in 25 Jahren angesammelten Materials die Mineralien naturgemäß nicht besonders heraus. So wird das Erscheinen eines Werkes, das sich gerade mit der Kristallstruktur der Mineralien befaßt, besonders von seiten der Mineralogen dankbarst begrüßt werden, dies um so mehr, wenn als Verf. ein so berufener Forscher wie W. L. BRAGG zeichnet, dem und dessen Schülern man eine Fülle von Kenntnissen auf dem einschlägigen Gebiet verdankt.

Der 1. Teil (S. 3—40) bringt einen knappen Überblick über Kristallstrukturtheorie, röntgenographische Untersuchungsmethoden und allgemeine Sätze der Kristallchemie (Ionengrößen, Koordinationsverhältnisse, isomorphe Vertretungen usw.). Der Hauptteil (S. 43—272) behandelt die Strukturen zahlreicher Mineralien, von den Grundstoffen zu den kompliziertesten Verbindungen fortschreitend; die Strukturen

werden in Abbildungen gut veranschaulicht; wo zu diesem Zweck Projektionen Verwendung finden, sind sie mit Angaben der Höhenlagen versehen, so daß daraus bequem die Daten für räumliche Modelle entnommen werden können. Mehr als die Hälfte des Hauptteiles ist den besonders vom Verf. und seinen Mitarbeitern so erfolgreich bearbeiteten Silikaten gewidmet; hier erfolgt die Reihung nach dem erstmalig vom Berichterstatter vorgeschlagenen Verfahren, das später von BRAGG, WARREN, PAULING usw. stark ergänzt und erweitert wurde, nämlich unter Berücksichtigung der für die Silikate kennzeichnenden (Si, Al)O_4-Tetraederverbände [s. z. B. Naturwiss. **26**, 70 ff. (1938)]. Unter den Beispielen für Silikate mit dreidimensionalen (Si, Al)O_4-Tetraedernetzwerken $\{\infty[(Si, Al)O_2]^{-x}\}$ sind allein 20 Seiten den Feldspäten gewidmet; ihre gegenseitigen Aufbaubeziehungen werden eingehend erörtert. Mit bestem Erfolg widmet sich der Verf. u. a. auch einleuchtenden Erklärungsversuchen für die gerade bei den Feldspäten so häufigen Zwillingsbildungen. Wie die Feldspäte fanden auch die Zeolithe, unter ihnen besonders die Faserzeolithe, deren Strukturen schon in den Einzelheiten bekannt sind, eine eingehende vergleichende Bearbeitung. Den Abschluß des Werkes bilden eine Übersicht über die meistgebrauchten Raumgruppensymbole, ein Verfasser- und ein Sachverzeichnis.

Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, wohl aber sind aus allen verbreiteteren Mineralfamilien Beispiele behandelt. Unsichere Ergebnisse sind, soweit überhaupt gebracht, als solche gekennzeichnet. Ref. ist der Meinung, daß doch noch einige seltenere Mineralien hätten behandelt werden sollen, welche zur Darlegung der kristallchemischen Beziehungen zwischen chemisch verschiedenen Mineralgruppen geeignet gewesen wären (z. B. zwischen Silikaten, Phosphaten und Arsenaten oder zwischen Niobaten [Tantalaten], Titanaten und Antimonaten). Bei der Reichhaltigkeit des gebotenen Materials ist es unvermeidlich, daß man da und dort in Einzelheiten anderer Meinung als der Verf. sein kann; so legt Verf. z. B. wohl zu großes Gewicht auf gewisse, durch die Tatsachen nicht stützbare, vom Ref. widerlegte Deutungen und Formulierungen innerhalb der Sodalithgruppe (S. 268), welche einen Teil der tetragonalen Skapolithe einbegreifen würden. Im Abschnitt über die Tonsilikate wäre eine Stellungnahme des Verf. zu den Angaben von M. MEHMEL über die Struktur des Halloysit erwünscht gewesen. — Aus der Fülle des Erreichten und Dargelegten erheben sich überall neue Fragen, die der Lösung harren.

Wenn Berichterstatter oben auf das besondere Interesse der Mineralogen an dem vorliegenden Werk verwiesen hat, so ist dies dahin zu ergänzen, daß das Buch auch von seiten der Physiker und Chemiker größte Aufmerksamkeit verdient. Ihnen bringt es, soweit sie dem Forschungsgebiet selbst ferner stehen, in angenehm zu lesender und von überflüssigem Ballast freier Form den erwünschten Einblick in die Ergebnisse der Forschungen über den Aufbau der festen anorganischen Stoffe in weitem Maße; darüber hinaus wird man durch die da und dort eingestreuten Abschnitte über die Beziehungen zwischen Kristallbau einerseits, Zwillingsbildungen, Kohäsionserscheinungen, optisches Verhalten usw. andererseits gefesselt.

Sinnstörende Druckfehler konnte Berichterstatter nur sehr wenige feststellen; die Ausstattung des an Abbildungen reichen Buches ist vorzüglich, was besonders angesichts des niedrigen Preises anzuerkennen ist.

F. MACHATSCHKI, Tübingen.

Handbuch der anorganischen Chemie. Herausgegeben von R. ABEGG †, FR. AUERBACH † und I. KOPPEL. Bd. 4, Abt. 3, 4. Teil, Nickel und seine Verbindungen, Lieferung I von I. KOPPEL u. a. Leipzig: S. Hirzel 1937. XVIII, 827 S. und 247 Abbild. 17 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 78.—.

Das Erscheinen dieses Teiles des ABEGGschen Handbuches ist um so lebhafter zu begrüßen, als die technische Bedeutung des Nickels in den letzten Jahrzehnten ungewöhnlich rasch zugenommen hat. Gleichzeitig ist auch das Schrifttum über das Nickel und die Nickelverbindungen derart angeschwollen, daß in den interessierten Fachkreisen das Verlangen nach einer umfassenden und übersichtlichen Darstellung des gesamten vorliegenden Stoffes und eine fachkundige Führung durch das Schrifttum von Jahr zu Jahr immer dringlicher geworden ist.

Das Werk umfaßt die Abschnitte Atomgewicht, Nickelatom, Nickelmetall, Darstellung des Nickels, Eigenschaften des metallischen Nickels, Verbindungen des Nickels, Verbindungen des einwertigen Nickels, Verbindungen des zweiwertigen Nickels, die einzelnen Nickel (2)-Verbindungen, Nickel (2)-Ammine, Verbindungen des drei- und mehrwertigen Nickels, Nickelcarbonyl, Nickelnitrosyl, Kolloidchemie des Nickels und seine Verbindungen.

Um den gewaltigen Stoff zu bewältigen, haben die Bearbeiter bei der Darstellung wiederum die bekannte knappe Form gewählt, in der nur die wichtigen Tatsachen angegeben sind unter Verzicht auf breite theoretische Erörterungen. Auch in diesem Teil wird, soweit es erforderlich war, an der Spitze eines neuen Abschnittes mit wenigen Worten eine klare allgemeinverständliche Übersicht über das behandelte Gebiet gegeben, so daß auch der Leser, der mit dem in einem Abschnitt behandelten Stoff nicht ganz vertraut ist, sich rasch zurechtfinden kann.

Wenn es sich auch hier um ein Handbuch der anorganischen Chemie handelt, so sind doch auch in diesem Teil alle Gebiete, die überhaupt Nickel betreffen, mit gleicher Sorgfalt bearbeitet worden, so daß z. B. der Techniker, der sich mit der Gewinnung und der Weiterverarbeitung des Nickels befaßt, in gleicher Weise auf seine Kosten kommt, wie der Physiker oder der Chemiker, der in dem Werk Unterlagen für wissenschaftliche Forschungsarbeiten sucht.

Die Bearbeitung des Stoffes ist, wie die früheren Teile des ausgezeichneten Handbuches, mit einem ungeheuren Fleiß und einer mustergültigen Gründlichkeit geschehen; über den Umfang des bearbeiteten Stoffes geben am deutlichsten die Literaturverzeichnisse von insgesamt 5000 Zitaten Zeugnis. Das Werk ist eine sehr willkommene und unentbehrliche Hilfe für jeden, der sich mit Nickel oder mit Nickelverbindungen beschäftigt.

P. BARDENHEUER, Düsseldorf.

FRIEDERICHS, KARL, **Ökologie als Wissenschaft von der Natur oder biologische Raumforschung.** (Bios, Abhandlungen zur theoretischen Biologie und ihrer Geschichte, sowie zur Philosophie der organischen Naturwissenschaften Bd. VII.) Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1937. VIII, 108 S. 16 cm × 23 cm. Preis brosch. RM 8.—.

Zur Naturwissenschaft gehört zweifellos auch die Ökologie; in FRIEDERICHS Schrift wird die Ökologie sogar als vereinte Naturwissenschaft, als das geistige Band der Einzelwissenschaften und in diesem Sinne als *die* Wissenschaft von der Natur dargestellt. Den wesentlichen Beitrag zum Naturbild liefere immer die Ökologie, die ja die Natur als Einheit, in ihrer Ganzheit,

erfassen, sogar „verstehen" wolle, nicht aber die „zerfasernde und zersetzende Naturauffassung der vorhergehenden Epoche", die bestenfalls einen kleinen Ausschnitt aus der Wirklichkeit erforsche.

Die Ableitung dieser Ansicht in der zahlreiche philosophische Probleme berührenden Schrift zu verfolgen, lohnt sich, weil mit ihr ein gegenwärtig nicht selten — und zumeist mit ähnlichen Argumenten — verfochtenes Urteil über die Rangordnung in der Wertskala der biologischen Teildisziplinen seine radikalste Formulierung gefunden hat. Leicht wird es dem Leser nicht gemacht, muß er sich doch darein finden, daß das Materielle nur (!) im Raum sei, die Psyche auch im Raum (!) und außerdem in der Zeit, der ihr eigenen Erstreckung. Den Vorschlag, „die Psyche als die (immaterielle) Gesamtheit aller körperlichen Zustände während des Lebens" zu bezeichnen, muß der Leser ebenso hinnehmen, wie die Feststellung, der menschliche Gehirnvorgang sei „eins mit dem psychischen und dem geistigen; alle drei fallen soweit zusammen wie die verschiedenen Dimensionen eines Körpers, wie Raum und Zeit und was jenseits der Zeit ist". So wird denn der körperliche Vorgang nur als „Teilvorgang des psychischen" betrachtet, „nur daß das geistig-psychische Geschehen kein kausales ist" (es aber doch auf das Materielle ausrichtend *wirken* soll!). Vielleicht ist manches anders gemeint, als es dem sich an die übliche Sprache haltenden Leser zunächst scheint; aber gerade dem philosophisch nicht Geschulten sollte man die Arbeit nicht noch durch die Benutzung einer neuen Sprache erschweren. Aus dem gleichen Grund ist es auch in einer solchen Schrift besonders notwendig, unkorrekte Formulierungen zu vermeiden; z. B. sollte auch dann nicht, wenn die Ökologie „alle speziellen Naturwissenschaften ohne Ausnahme einschließt", gesagt werden, „*Gegenstand* der Ökologie ist die Natur*wissenschaft* überhaupt, aber nicht ihr gestriger, abstrakter *summativer Begriff*, sondern die Natur*wissenschaft* als Gestalt, als Einheit". (Hervorhebungen von mir. B.) Solche vielleicht philosophisch klingenden, aber die Verständlichkeit erschwerenden und Fehlschlüsse erleichternden Verwechslungen wie die zwischen dem summativen Begriff einer Naturwissenschaft und dem Begriff einer summativen Naturwissenschaft, sowie zwischen diesem Begriff und der Naturwissenschaft selber und endlich zwischen dieser und der — allein gemeinten — summativ aufgefaßten *Natur* (die ja allein Gegenstand der Ökologie werden kann) finden sich in der Schrift nicht selten. Wir beanstanden die Verwechslungen wegen der Unschönheit und noch mehr wegen ihrer Folgen, von denen weiter oben einige gezeigt wurden.

So muß sich der Leser mühevoll den Weg bahnen, bis er erfährt, daß die Ökologie auf die Erfassung des *Sinnes* der Naturerscheinungen gerichtet ist, wobei unter Sinn das verstanden wird, „wodurch und wofür etwas ist". Drei Stufen des Sinnes unterscheidet der Verfasser: den „inneren Zusammenhang", sodann die ökologische Bedeutung (Leistung und Wert innerhalb der Natur) und endlich den Sinn in metaphysischer Bedeutung (eine Idee, ein Urbild wird verwirklicht). Sinn wird aber auch als „das Ergebnis der Finalität" bezeichnet, und Finalität ihrerseits „bedeutet Bezogenheit auf ein Ganzes"; gleich hinterher wird aus dieser Bezogenheit ein „aktives Prinzip", das die kausalen Vorgänge zum Sinn „lenkt, hemmt, vereinigt und dosiert", also doch wohl selber ein kausaler Faktor ist. Zur Erläuterung wird (als Beispiel) die Erklärung der Heilkraft einer Quelle durch den Glauben an den Segen des Priesters als finale (!) Erklärung im Gegensatz zur kausalen durch die oligodynamische Wirkung bezeichnet, während hier nach FRIEDERICHS nur beides zusammen (!) die richtige Erklärung umfasse.

Vollständig lassen sich alle diese Formulierungen überhaupt nicht, und näherungsweise nur durch die Annahme in Einklang bringen, daß unter der Ökologie jede Art der Beschäftigung mit der Welt verstanden wird. Die schon weiten Definitionen „Ökologie im engeren Sinne ist die Lehre von den Wechselwirkungen der Organismen und ihrer Wohnwelt . . . Ökologie im weiteren Sinne oder Raumforschung (=Wissenschaft von der Natur) ist die Lehre von der Wechselwirkung der Naturerscheinungen" werden also erst durch eine weite Fassung der Begriffe „Natur" und „Wechselwirkung" richtig verstanden.

Sicher ist die Ökologie, der der Verfasser mit Recht eine große Bedeutung für die Praxis zuschreibt, vielfach vernachlässigt worden. Schon die vom Verfasser in den Text eingeflochtenen Beispiele zeigen, wie interessant und wertvoll ökologische Untersuchungen sein können; und sie zeigen auch — das sei ausdrücklich anerkannt — wie sehr die Ökologie auf Forscher angewiesen ist, die das Ganze zu sehen vermögen. Aber die kausale, „zerfasernde" Forschung verliert doch wohl erst dadurch scheinbar ihre Berechtigung als selbständige, nicht nur der ökologischen Wissenschaft vom „Ganzen" dienende Disziplin, daß sie eben als *Analyse* und die Ökologie als *die Synthese* bezeichnet wird. Sollten wir diese Gegenüberstellung nicht durch die bescheidenere (nicht definierende) Formulierung ablösen, daß die Ökologie — damit der Morphologie verwandt — ein möglichst umfassendes Wissen von der anschaulich faßbaren Mannigfaltigkeit der Naturerscheinungen und — darin von der Morphologie verschieden — ihrer Wechselwirkungen erstrebt, während die Kausalanalyse aufklären will, welche Elemente und elementaren Gesetzlichkeiten die anorganische und organische Natur beherrschen? Wir wollen nicht nur beobachtend und „zusammenschauend" die mannigfaltige „Weite" der Natur erfassen und „verstehen", sondern, dem Blick auf die nahen Schönheiten entsagend, auch in die Tiefe dringen. Und die bei solcher Forschung erstrebte und nur durch sie erreichbare *Synthese* eines Bildes der allgemeinen und abstrakten Gesetze des Naturgeschehens scheint mir nicht weniger einen selbständigen und hohen Wert zu haben als die möglichst umfassende Kenntnis der sich unseren Sinnen aufdrängenden Vielseitigkeit der Natur.

Die Beschäftigung mit dem „Ganzen", dem *Aufgebauten* ist für sich ebensowenig schon ein *Aufbauen* wie die Beschäftigung mit einem Glied des Ganzen. Die Synthese bleibt in beiden Fällen eine zusätzliche Leistung. Die besondere, durch die Kausalanalyse (mit nicht geringem Erfolg!) erstrebte Synthese kann man aber höchstens durch die der bisherigen Sprache nicht gerecht werdende definitionsmäßige Gleichsetzung der Ökologie mit der Naturwissenschaft schon als Teilziel und Mittel der Ökologie betrachten. Wir sollten jene Synthese nicht unmöglich machen, indem wir ihr mittels einer Spracherneuerung die selbständige Bedeutung absprechen und sie dann nach vollzogenem Beweis durch Rückkehr zur alten Sprache ganz ausschalten! Mir scheint nicht, daß hier nur eine eingebildete Gefahr besteht.

Zusammenfassend glaube ich sagen zu dürfen, daß der Verfasser der Naturwissenschaft und der Ökologie durch das Vorbild seiner ökologisch-entomologischen Forschung einen größeren Dienst erwiesen hat als durch dieses Buch. Gerade eine Schrift, die werben will, darf man nicht nur nach der — bei der Persönlichkeit ihres

Verfassers unbezweifelbaren — Güte dieses Wollens und des Gewollten beurteilen; man muß auch fragen: kann sie werben? Und weil mir ebenso wie FRIEDERICHS sehr viel daran gelegen ist, daß wir uns durch die große Wertschätzung des von der Kausalanalyse erstrebten Naturbildes nicht zu haeckelianischen Blindheiten und zur „Entgötterung des Weltalls" verleiten lassen, glaubte ich — trotz anfänglicher Zurückhaltung — in der Aufforderung, auf die Gefahren und Bedenklichkeiten der nicht isoliert stehenden Gedankengänge des Verfassers hinzuweisen, eine Verpflichtung sehen zu müssen. E. BÜNNING, Königsberg i. Pr.

Meteorologische Mitteilungen.

Blitze und Luftstörungen.

Den Luftstörungen ist neuerdings von den verschiedensten Seiten[1] nachgegangen worden, insbesondere der Änderung des luftelektrischen Feldes während einer solchen Störung, um daraus Rückschlüsse auf die Entwicklung der Blitze zu ziehen. Die Störfeldstärke wird von Oszillographen aufgezeichnet, und dabei werden einzelne Wellenzüge gefunden, die sich mit den einzelnen Blitzen identifizieren lassen.

Die *Feinstruktur* der einzelnen Wellenzüge ergibt, daß eine Blitzentladung in 2 Teilen erfolgt: Einer verhältnismäßig langsamer *Vorentladung* (Abnahme des Feldes um 30—50% in etwa 10 millisec) von der Wolke zur Erde (Einleitungsstrahl) folgt der *Hauptstrahl* von der Erde zur Wolke (Rückblitz), der 0,04—0,08 millisec andauert. Es hat sich gezeigt, daß Blitze nicht nur eine Entladung zwischen Wolke und Erde darstellen, meistens wird das Raumladungsgebiet im Wolkenzwischenraum entladen (Hochgewitter), dann fehlt natürlich der lichtstarke, rückkehrende Strahl.

Den *Durchmesser einiger Blitzbahnen* hat SCHONLAND[2] bestimmt, wobei er für den Hauptzweig 23 cm und für die schwachen Nebenäste 11 cm angibt. Diese Werte sind wesentlich kleiner, als man bisher annahm. Dabei dauert die intensive Leuchterscheinung nur 0,02 bis 0,04 millisec, das Nachleuchten, das durch die Rekombination der ionisierten und angeregten Luftmoleküle entsteht, aber 1 millisec.

Wenn die Blitze in über 200 km Entfernung auftreten, so findet man sehr regelmäßige, langsame Einsätze, die den ersten raschen Pulsationen folgen. Sie entstehen sicherlich durch einen Blitz zwischen Gewitterwolke und Ionosphäre. Darüber liegen auch Messungen aus Australien[3] vor, wo 6—8 Reflexionen auftraten und eine äquivalente Höhe der Reflexionsschicht von 80 km gefunden wurde. Diese Schicht ist mit der E_1-Schicht der Ionosphäre identisch. Der Unterschied von 20 km kann reell sein, dann hieße es, daß die Ionosphäre bei einem Gewitter tiefer liegt; er kann aber auch nur ein Rechenergebnis darstellen.

Saharastaubfälle in Mitteleuropa.

Staub aus der Sahara kommt öfters bei uns zur Ablagerung, als im allgemeinen angenommen wird. Der *Schirokkoeinbruch* vom 20. Mai 1937 brachte auf direktem Wege über die Alpen Saharaluft nach Mitteleuropa, wie die starken Winde im Alpengebiet (Zugspitze: Windstärke 7—10) und in den deutschen Mittelgebirgen offenkundig zeigten. Dem aufmerksamen Beobachter konnte auch die außerordentliche Trübung der Atmosphäre nicht entgehen; sie ist immer ein gutes Merkmal für Tropikluft.

Bei diesen Stürmen werden besonders in den Gebirgsländern Staubablagerungen eigenartiger Natur beobachtet; die Rückstände des aufgefangenen Regenwassers sehen *gelblich* oder *rötlich* aus. Eine Untersuchung ergibt stets, daß es sich dabei um Saharastaub handelt. Nun sind in Arosa mit dem Konimeter [s. die Untersuchungen von A. LÖBNER. Naturwiss. **25**, 142 (1937)] die Staubmengen, die in der Luft enthalten sind[1], direkt bestimmt worden, wobei sich ergab, daß bei Einbruch der Tropikluft (cTW) der Staubgehalt stets auf den 30fachen Betrag gegenüber Luft gemäßigter Breiten (mG_4) anstieg. Die Anzahl betrug im Mittel etwa 30000 Partikel im Liter Luft. (Solche Fälle sind keineswegs seltene Ausnahmen, allein vom März 1936 bis März 1937 sind in Arosa 6 Staubfälle festgestellt worden.) Diesen Staubmassen werden sogar neuerdings Heilwirkungen zugeschrieben, ohne daß allerdings der Beweis erbracht werden konnte.

Die Louisville-Überschwemmung in den Vereinigten Staaten und ihre Ursachen.

Im Januar 1937 wurde das gesamte Ohiogebiet und das untere Mississippigebiet von einer großen Überflutung heimgesucht, dabei wurden durchweg die höchsten bisher erreichten Flutmarken überschritten, und der Sachschaden, der auf 550000000 $ geschätzt wird, ist ebenfalls der größte, den bisher eine Überschwemmung verursacht hat. Daß nicht mehr als 436 Menschenleben zu beklagen sind, liegt an der unermüdlichen Arbeit einer örtlichen Radiostation. Über 16000 Hilferufe sandte sie an die mit Empfangsgeräten ausgerüsteten Uferstationen und Motorboote aus, die in 5 Tagen 58000 Menschen aus ihren überfluteten Häusern retteten. Dieser Großeinsatz des Rundfunks im Katastrophendienst ist besonders beachtenswert. Die Fluthöhe betrug 9 m über Normal in Louisville, im Geschäftsviertel von Portsmouth (Ohio) stand das Wasser 3 m hoch. Etwa 3 Millionen Tonnen Öl sind von den Fluten fortgeschwemmt worden.

Von amerikanischer Seite sind nunmehr die *meteorologischen Verhältnisse* dieser großen und auch aller anderen größeren Fluten der letzten Jahrzehnte genauer untersucht worden[2]. Das ist jetzt leichter als früher durchzuführen, da Amerika neuerdings auch durch zahlreiche Flugzeugaufstiege über meteorologische Beobachtungen bis 5 km Höhe verfügt. Die Hauptbedingung ist das *Überfließen von Tropikluft über frische arktische Kaltluft*, wobei die Arktikfront am Boden ihre Lage wenig verändert, d. h. die Überschwemmungen sind an die Existenz einer quasistationären Front gebunden. Weil in Amerika kein Gebirge quer im Kontinent steht, wie die Alpen in Europa, so kann arktische Luft weit nach Süden vorstoßen und andererseits tropische Luft sehr weit nach Norden vordringen.

Es muß sich eine Druckverteilung mit einem dynamischen Hoch über den Bermudas und einem Kältehoch über Nord- und Zentralamerika einstellen. Das Bermudashoch ist ein steuerndes Hoch und bringt Warmluftmassen über das sehr warme Karibische Meer und den Golf von Mexiko nach Norden. Auf dem Weg

[1] E. V. APPLETON u. F. W. CHAPMAN, On the nature of the atmospherics IV. Proc. roy. Soc. Lond. A **158**, 1 (1937).

[2] B. F. J. SCHONLAND, Philosophic. Mag. **1937** (März).

[3] T. K. LABY u. Mitarb., Nature (Lond.) **139**, 237 (1937).

[1] H. GLAWION, Meteorol. Z. **54**, 61 (1937).

[2] CH. F. BROOKS u. A. H. THIESSEN, The meteorology of great floods in the eastern United States. Geograph. Review **1937**, 269.

über das Meer reichert sich die Tropikluft bis über 2 km Höhe hinauf mit Feuchtigkeit an. Der Gegenspieler ist die arktische Luft, die in diesem Winter besonders weit nach Süden vorstieß; so hat z. B. Los Angeles den kältesten Januar seit Beginn der meteorologischen Beobachtung gehabt. (Im Mittel 1° kälter als je zuvor.) Es hatte gerade ein besonders starker Ausbruch aus der Arktikfront stattgefunden und ganz Zentralamerika mit Schnee bedeckt, als durch die oben geschilderte Druckverteilung tagelang subtropische Warmluft nach Norden verfrachtet wurde. Da die Warmluft aufgleiten mußte, kam es zu ergiebigen, tagelang anhaltenden Landregen (Fig. 1 zeigt die Luftmassenverteilung). Weil Regenwasser auf gefrorenen Boden fiel, konnte es nicht in den Boden eindringen, sondern floß zu 90% ab, und die Folge war das rasche Anschwellen des Ohio.

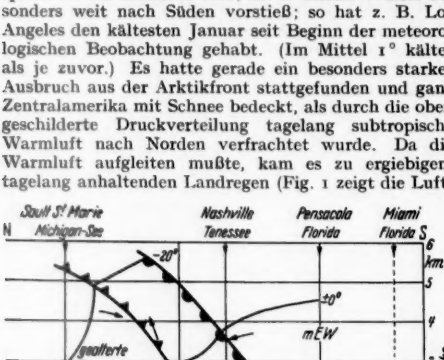

Fig. 1. *Vertikalschnitt durch das Überschwemmungsgebiet.* Es ist die Lage der Luftmassen vom 22. Januar 1937 dargestellt worden. Das Überschieben der maritimen Äquatorialluft (mEW) über die maritime Tropikluft (mTW) tritt deutlich in Erscheinung; von Norden dringt kontinental arktische Kaltluft (cAK) und gealterte kontinentale Luft gemäßigter Breiten (cG_A) vor. (Warmfront ●●●, Kaltfront ▲▲▲.) Die untere Figur gibt die über diesem Gebiet gefallene Niederschlagsmenge vom 1. bis 25. Januar 1937 an.

Die Figur wurde nach den Beobachtungen der 4 Flugzeugaufstiege (Sault St. Marie, Nashville, Pensacola und Miami) entworfen. Sehr interessant ist die Lage der 0°-Isotherme: während der Norden ganz von Kaltluft überflutet ist, liegt sie im Süden in 4,5 km Höhe. Die Windpfeile geben die Strömung der Luft an und lassen die Dynamik des Vorganges deutlich erkennen. Die Niederschläge fielen an diesem Tage nördlich von Nashville, also in dem Gebiet des starken Aufgleitens der Luftmassen (angezeigt durch die Buchstaben A und E). Der Gesamtniederschlag innerhalb der 25 Tage der Überschwemmung auf der Strecke Sault St. Marie—Miami ist darunter dargestellt; deutlich wird die stationäre Lage der Front vor Augen geführt.

Das Gebiet des stärksten Regens von 50 cm Niederschlag innerhalb von 25 Tagen hat eine Ausdehnung von 150 km Breite und 800 km Länge (Größe von Süddeutschland), in dem in diesem Zeitraum 60 Billionen Tonnen Wasser niedergefallen sind.

Die den Ohio hinabflutenden Wassermassen dämmten den Mississippi, ja zeitweise floß das Wasser am Einfluß des Ohio in den Mississippi nicht nur stromab, sondern auch stromauf. Dieser Effekt wirkte sich bis St. Louis aus.

Diese aufschlußreiche Studie ist ein schönes Beispiel dafür, wie man mit den heutigen Methoden der Wetteranalyse die meteorologischen Bedingungen der Überschwemmung feststellen kann.

Neuere Untersuchungen über den Passat.

In der Tropenzone wehen von etwa 30° nördlicher und 30° südlicher Breite gegen den Äquator hin auf der Nordhalbkugel NE-, auf der Südhalbkugel SE-Winde, die *Passate*, die in der Nähe des Äquators durch eine schmale Zone schwacher, veränderlicher Winde, die sog. *Kalmen*, getrennt werden.

Charakteristisch für den Passat ist die Beständigkeit der Windrichtung, die an bestimmten Orten fast das ganze Jahr hindurch anzutreffen ist. Ihre Beständigkeit ist für den Südamerikaflug der Zeppeline von ausschlaggebender Bedeutung. Von jeher hat dieses Zirkulationssystem den Meteorologen beschäftigt, eben weil es ein nahezu stationäres Strömungssystem ist, was die Untersuchungen erleichtert. Die Beobachtungen einer Station ermöglichen schon Rückschlüsse auf das ganze System zu ziehen. Es liegt jetzt neueres Beobachtungsmaterial vor, und es ist erfreulich, daß es nun auch gründlichst verarbeitet worden ist.

Das auf der *„Meteor-Expedition"* gesammelte Material hat v. FICKER[1, 2] einer genauen Untersuchung zugrunde gelegt. Der vertikale Aufbau des Systems, der besonders interessiert, konnte geklärt werden. Schon vor etwa 30 Jahren wurde man darauf aufmerksam, daß über dem Nordostpassat eine genau entgegengesetzte Strömung aus Südwesten herrscht, der sog. *Antipassat*. Die Frage, in welcher Höhe die Sprungschicht (Inversion) zwischen den beiden entgegengesetzten Windrichtungen liegt, ist besonders wichtig. Das *Passatschema*, das v. FICKER gibt (Fig. 2), weicht von den älteren, klassischen Darstellungen ab, denn

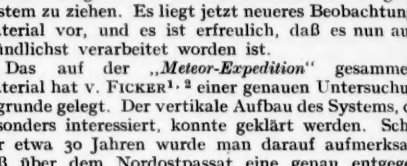

Fig. 2. *Schema des Passatkreislaufes nach v. Ficker.* D = Divergenzgebiet im Azorenhoch; C = Tropisches Vermischungsgebiet. Die Passatinversion (D—C) trennt die unteren Äste des „inneren" (I) und „äußeren" (II) Kreislaufes. Am Boden weht in beiden Kreisläufen ein NE-Wind (der eigentliche „Passat"), in der Höhe ein SW-Wind (der „Antipassat").

die Mischungsschicht, die man früher zwischen dem Passat und dem Antipassat annahm, gibt es nicht, für ihn trennt die Inversion nur einen inneren von einem äußeren Kreislauf. An der eben genannten Inversion treten Sprünge im vertikalen Temperaturverlauf und in der Feuchte auf. Der untere Passatkreislauf ist sehr feucht, weil die Luft dauernd durch die Verdunstung des Meerwassers neue Feuchtigkeit erhält. Im inneren Kreislauf ist dagegen die Luft sehr trocken. So ist die

[1] H. v. FICKER, Die Passatinversion. Veröff. Met. Inst. Berlin 1, H. 4 (1936).

[2] H. v. FICKER, Bemerkungen über den Wärmeumsatz innerhalb der Passatzirkulation. Sitzgsber. preuß. Akad. Wiss., Physik.-math. Kl. 11 (1936).

Sprungschicht ein augenfälliges Merkmal im Gang der meteorologischen Elemente (Wind, Temperatur und Feuchte), die in einem vertikalen Schnitt an der Stelle der Inversion plötzlich Sprünge aufweisen. Die beiden Strömungen des Passats entstammen gemeinsam dem Antipassat, der innere Kreislauf I transportiert Luftmassen, die in oder auf der Äquatorseite des Azorenhochs abgesunken sind, während die Luftmassen des äußeren Kreislaufs II erst im Azorenhoch oder nördlich davon abgesunken sind und mit kälteren Meeresströmungen in Kontakt kommen. Beim Zurückfließen ist dann die untere kälter als die obere.

FICKER gibt auch eine *quantitative Schätzung des Wärmeumsatzes* in der Passatzirkulation. Die aufgestellten Energiebilanzen ergeben fast Gleichheit bzw. einen kleinen Überschuß an Energiezufuhr, von dem angenommen wird, daß er zur Überwindung der Reibung dient. Die Grenzhöhe des äußeren Kreislaufs ergibt sich zu 5000 m, wenn man die Mischung von trockener und feuchter Luft im Konvergenzgebiet (*C* in Fig. 2) berücksichtigt.

Die Insel *Teneriffa* liegt an der Nordgrenze des Passats, und hier hat R. WENGER von 1909—1912 zahlreiche Höhenwindmessungen durchgeführt, die so sorgfältig ausgeführt und ausgewertet worden sind, daß F. MÜLLER[1] für seine Untersuchungen über die Windverhältnisse Teneriffas 622 Höhenwindmessungen verwenden konnte[2], von denen 30% bis über 10 km Höhe ausgeführt werden konnten.

Zunächst werden die häufigsten Pilotentypen für jeden Monat aufgezeigt, um einen Gesamtüberblick über den Wechsel der Strömungen von Monat zu Monat zu gewinnen. *Der klassische Antipassat ist nicht nur auf den Sommer beschränkt*, er wird aber von November bis Mai von Winden nördlicher Komponenten an Häufigkeit übertroffen. Über den SW-Antipassat lagert sich vor allem eine jährliche Schwankung um die W-Richtung (bis zu 15 km Höhe); diese wird durch ein Tiefdruckgebiet in der Troposphäre, das in 2 km Höhe liegt, verursacht.

Daß die Schwankung der Windrichtung periodisch erfolgt, konnte durch eine harmonische Analyse des Materials belegt werden. Es ist die zonale Windkomponente mit einer 120tägigen (= $^1/_3$jährigen), die meridionale Windkomponente mit einer 72tägigen (= $^1/_5$jährigen) Windwelle gekoppelt. Dabei schwingt die ganze Atmosphäre von 2—12 km Höhe ziemlich gleichmäßig. Die Realität dieser Windwellen konnte noch an dem Gang des Druckgradienten bestätigt werden.

Durch diese beiden Arbeiten ist unser Wissen über die Mechanik und Thermodynamik des Passats wesentlich erweitert worden.

Skagerrak-Zyklonen.

Beobachtet man während eines längeren Zeitabschnittes auf den täglichen Wetterkarten den Verlauf des Wettergeschehens, insbesondere die Entstehung und Lebensgeschichte der Zyklonen, so fallen bestimmte Gebiete Europas durch ungewöhnlich große Zyklonenhäufigkeit auf. Die wandernden Tiefdruckgebiete ziehen anscheinend mit Vorliebe über diese Gegenden hin, oft beobachtet man hier eine Verstärkung oder gar eine überraschende Neubildung.

Derartige hervortretende Gebiete sind in Nord- und Mitteleuropa: der Atlantische Ozean südlich und westlich von Irland, der Ärmelkanal, ferner die Umgebung der Lofoten, schließlich die nördliche Nordsee mit dem Skagerrak.

Dieses ständige Auftreten von Störungen über einem verhältnismäßig eng begrenzten Gebiet läßt die Vermutung aufkommen, daß die geographischen und orographischen Einflüsse eine ausschlaggebende Rolle spielen. Der weit nach SW vorstoßende Teil der skandinavischen Halbinsel mit seiner 1500—2000 m hohen Gebirgskette stellt sich der allgemeinen Westwinddrift hindernd in den Weg. Im Süden des Skagerraks liegt die völlig ebene Zimbrische Halbinsel, die die von Westen heranziehenden Luftströmungen wenig zu hemmen vermag.

So werden die aus Westen und Südosten kommenden Depressionen versuchen, das hohe Hindernis in nördlicher oder südlicher Richtung zu umgehen.

Für das Wetter in Südskandinavien, auf der Nord- und Ostsee nebst den Randmeeren und im gesamten norddeutschen Flachland spielen die Skagerrakzyklonen, abgesehen von den nur wenig ausgeprägten, schwachen lokalen Störungen, eine überragende Rolle. Auf der Nordsee verursachen sie häufig stürmische Winde und unsichtiges, trübes Wetter. Hierdurch wird der Schiffsverkehr, der zu einem großen Anteil mit kleinen, wenig wetterfesten Küstenfahrzeugen in schwierigem Fahrwasser (Gezeitenströme, Watten, Sandbänke, ständig wechselnde Tiefen) betrieben wird, empfindlich gestört und zeitweise sogar ganz lahmgelegt. Dagegen sind die Niederschlagszonen dieser Störungen für den Wasserhaushalt der vorwiegend agrarischen Gebiete Südschwedens, Dänemarks, Schleswig-Holsteins sowie der übrigen deutschen Küstengebiete von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Die Skagerrakzyklonen liefern einen großen Teil der gesamten jährlichen Niederschlagsmenge dieser Bezirke und üben somit einen entscheidenden Einfluß auf die Bodendurchfeuchtung, den Grundwasserstand und damit auch auf den Ernteausfall und den landwirtschaftlichen Ertrag aus.

Für die Entstehungsgeschichte dieser Skagerrakzyklonen gibt es nach der Anschauung der norwegischen Schule eine klassische Erklärung, die MACHT[1] in einer ausführlichen Analyse zweier Fälle in ihren Grundlagen bestätigen konnte.

Wenn eine noch lebensfähige Depression sich Norwegen nähert, so wird die Warmfront (WF.) durch den erheblichen Reibungswiderstand der skandinavischen Gebirge in ihrem Vordringen nach Osten stark gehemmt. Die WF. schmiegt sich daher dem Verlauf der Küstenlinie an (Fig. 3a). Unterdessen dringt die kalte frische Polarluft ungehindert über das Meer vor, erreicht bald die Küste und holt die hier festliegende WF. ein.

Dieser Vorgang wird in der Meteorologie als „Okklusion eines Tiefs" bezeichnet. Das vor der norwegischen Küste stationär gewordene Tief füllt sich nunmehr auf und stirbt ab.

Aber ganz anders konnte sich die Warmluft südlich des norwegischen Festlandes verhalten; nichts hinderte sie auf ihrem Weg nach Osten; die Warmfront biegt

[1] F. MÜLLER, Die Strömungen der Atmosphäre über Teneriffa. Veröff. d. Geophysikal. Inst. Univ. Leipzig, Ser. II 8, H. 3 (1936).

[2] Da der Aufstiegsort 2100 m hoch lag, so wurden die Mehrzahl der Aufstiege in dem Antipassat gemacht; die eigentliche Passatinversion lag dann unterhalb der Station.

[1] H. G. MACHT, Skagerrak-Zyklonen. Veröff. d. Geophysikal. Inst. d. Univ. Leipzig, Ser. II 9, 2 (1937). — Herrn Dr. MACHT-Kiel danke ich für die freundliche Überlassung der Druckstöcke zu den Fig. 3 und 4.

daher nach Osten um. Mit der aus Westen nachrückenden Kaltfront (KF.) begrenzt sie einen Warmsektor, der nach Norden zu in die Okklusionsfront des Haupttiefs übergeht (Fig. 3b). Während der okkludierte Teil im Norden abstirbt, entsteht über dem Skagerrak eine neue Depression, die dann über Dänemark und Südschweden zur Ostsee abzieht (Fig. 3c).

In einer geradezu vorbildlichen Weise hat MACHT das gesamte in Frage kommende Material: Termin-, Schiffsbeobachtungen und Registrierungen aus Skandinavien, England und Deutschland verarbeitet. Jede der vielen Einzelheiten in seinen Karten ist durch Beobachtungen oder Registrierungen belegt.

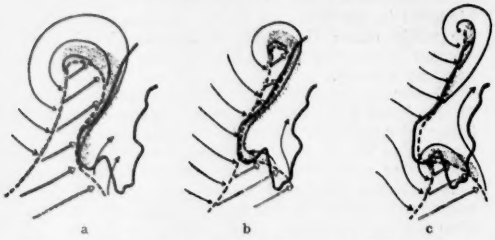

Fig. 3. Die Entstehung einer Skagerrak-Zyklone nach der klassischen Anschauung. (Erläuterung im Text.)

Der erste von ihm untersuchte Fall (25. bis 27. März 1930) läßt sich in zwei Entwicklungsabschnitte zergliedern. Der erste entspricht dem eben geschilderten klassischen Fall. Es entwickelt sich als Randstörung eines vor Mittelnorwegen gelegenen Tiefs eine Skagerrakzyklone, die am Mittag des 26. über dem Kattegatt und Südschweden okkludiert. Statt sich aber rasch aufzufüllen, erfährt sie eine Neubelebung (Regeneration), da die bei dem Okklusionsvorgang gehobenen Warmluftmassen feuchtlabile Energie[1] auslösen.

Hiermit wird der 2. Lebensabschnitt eingeleitet. Unterstützt durch günstige Druck- und Strömungsverhältnisse entwickelt sich an der Hauptfrontalzone eine neue wellenartige Bewegung, mit der das wesentlich umfangreicher gewordene Depressionsgebiet vordringt. Nach dem Übergang an Land am Vormittag des 27. wird die Energie der Zyklone geschwächt, sie füllt sich nunmehr allmählich auf und wandert nach Rußland ab.

Von wesentlich anderem Typ ist der zweite Fall vom 2. bis 4. März 1931. Auch seine Entwicklungsgeschichte läßt sich in 2 Abschnitte zergliedern. Der erste beginnt mit der Entstehung einer flachen Depression an einer durch die Oberflächengestaltung — skandinavisches Gebirge, schottisches Bergland — bedingten „Zunge" frischer arktischer Kaltluft, die am 2. mit einer sekundären, aber dennoch scharf ausgeprägten Staffel arktischer Kaltluft aus Norden und Nordwest in die nördliche Nordsee und zum äußeren Skagerrak vorstieß.

Nun stößt diese Zunge frischer arktischer Kaltluft über Jütland am Abend des 2. März auf ebenfalls arktische Luft, allerdings kontinentalen Charakters. Es entsteht über Dänemark ein kleiner Pseudowarmsektor. Diese Situation ist auf unserer Fig. 4 dargestellt. Durch die starke, aber räumlich eng begrenzte feuchtlabile Auslösung infolge überfeuchtadiabatischer Gradienten in der Pseudowarmluft entwickelt sich nunmehr im Laufe der Nacht um den Verzweigungspunkt, dort, wo die frische maritime Kaltluft unmittelbar auf die kontinentale arktische Kaltluft stößt, ein kleiner, aber überaus heftiger Sturmwirbel, der nach Südosten in die Ostsee abwandert. Wichtig ist auch das Ergebnis, daß die Temperaturunterschiede der beteiligten Luftmassen sich mit der Höhe ausgleichen, was durch Ergebnisse von Flugzeugaufstiegen belegt werden konnte und was

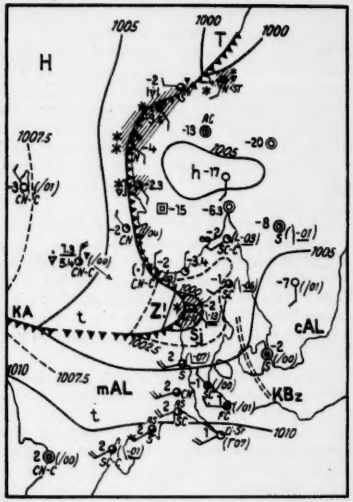

Fig. 4. Wetterlage vom 2. März 1931, 9 Uhr. Vorstoß der Zunge (*Z*) frischer arktischer Kaltluft nach dem Skagerrak-Entstehen eines flachen Tiefs (*Sf*). Kaltfront ▲▲▲; mAL = maritime arktische Kaltluft; cAL = kontinentale arktische Kaltluft.

besagt, daß die für die Entwicklung des Tiefs bedeutsamen atmosphärischen Diskontinuitätsflächen auf die untersten troposphärischen Schichten bis 4 km beschränkt bleiben.

Zusammenfassend treten nach MACHT 3 Typen von Skagerrakzyklonen auf, je nach dem Entwicklungsstadium der Nordmeer-Mutterzyklone.

1. Warmfront-Wellenstörung mit flachem, lokalem Tiefdruckwirbel.

2. Bjerknes-Randzyklone, entstanden durch Zusammenklappen eines echten Warmsektors, durchweg am stärksten von allen Randwirbeltypen.

3. „Genuazyklone" an einer Kaltluftzunge (orographisch deformierte Kaltluftstaffel), kommt nur selten vor. Kann aber als selbständiger Wirbel auftreten, wenn der Zusammenhang der erzeugten Kaltluftstaffel mit einem Haupttief unterbrochen ist bzw. nur indirekt besteht.

Es kommen sehr häufig Kombinationen der Typen 1 + 2 vor, sog. Mischtypen.

Damit ist die Vorhersage dieser Randwirbel-Neubildungen einen bedeutsamen Schritt vorwärtsgetrieben worden und die deutsche Wirtschaft, insbesondere die Schiffahrt, wird den Nutzen daraus ziehen können.

R. PENNDORF.

[1] Siehe Naturwiss. **24**, 366 (1936).

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.